



TESIS

**OPTIMALISASI INTERVAL WAKTU PENGANTIAN  
KOMPONEN MESIN *PACKER* TEPUNG TERIGU  
KEMASAN 25 KG DI PT. “X”**

Disusun oleh:  
SUTANTO

NRP. 9110201408

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Abdullah Shahab, M.Sc.

PROGRAM MAGISTER MANAJEMEN TEKNOLOGI  
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN INDUSTRI  
PROGRAM PASCASARJANA  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2015



THESIS

**COMPONENT REPLACEMENT TIME INTERVAL  
OPTIMIZATION OF FLOUR PACKER 25 KG  
AT PT. “X”**

SUTANTO

NRP. 9110201408

SUPERVISOR

Prof. Dr. Ir. Abdullah Shahab, M.Sc.

DEPARTMENT OF MAGISTER MANAGEMENT TECHNOLOGY  
COMPETENCE CLASSIFICATION OF INDUSTRIAL MANAGEMENT  
POST GRADUATE PROGRAM  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2015

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, shalawat dan salam kepada Nabi dan RasulNya Muhammad SAW dan segala rahmatNya yang meliputi alam semesta hingga hari akhir. Dengan segala rahmat dan pertolonganNya, penulis telah dapat menyelesaikan tesis yang merupakan salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Magister Manajemen Teknologi di Program Magister Manajemen Teknologi, Institut teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Penulis haturkan pula rasa terimakasih yang sebesar-besarnya atas segala bantuan dan dukungan moril yang telah diberikan sehingga kami dapat menyelesaikan tesis ini. Rasa terimakasih kami sampaikan kepada:

1. Yth. Prof. Dr. Ir. Abdullah Shahab, MSc. selaku Dosen Pembimbing yang memberi bimbingan, nasehat, motivasi, dan pengarahan dalam penyusunan tesis.
2. Yth. Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, MAppSc. selaku Ketua Program Studi Magister Manajemen Teknologi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya yang telah memberikan fasilitas dalam penyusunan tesis.
3. Yth. Para Penguji, Bapak, Ibu Dosen, serta seluruh staf Program Studi Magister Manajemen Teknologi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya atas kerjasamanya dalam penyusunan tesis.
4. Yth. Ayahanda Mulyadi, Alm. dan Ibunda Suhartin serta keluarga besar tercinta yang selalu mendoakan dan memberi semangat sehingga tesis ini dapat diselesaikan.
5. Istri tercinta Nonik Nur Mandasari S.Pd dan anakku tersayang Aqila Shafa Mumtaza atas dukungan, semangat, serta doa sehingga tesis ini dapat diselesaikan.
6. Rekan-rekan kerja yang telah mendukung dalam pengumpulan data di perusahaan.

7. Segenap pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah bekerja sama dan membantu hingga selesainya tesis ini.

Selanjutnya penulis menyadari bahwa penulisan tesis ini masih jauh dari sempurna, untuk itu kami mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun agar tesis ini menjadi lebih baik, serta bisa bermanfaat bagi manajemen perawatan di perusahaan dan akan menambah khasanah penelitian di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Surabaya, 25 Juni 2015

**Sutanto**

# **OPTIMALISASI INTERVAL WAKTU PENGGANTIAN KOMPONEN MESIN PACKER TEPUNG TERIGU KEMASAN 25 KG DI PT. "X"**

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Magister Manajemen Teknologi (M.MT)  
di  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**SUTANTO**  
**NRP. 9110201408**

Tanggal Ujian : 3 Agustus 2015  
Periode Wisuda : Maret 2016

Disetujui oleh :

  
1. **Prof. Dr. Ir. Abdullah Shahab, M.Sc.**  
**NIP. 195204171979031002**

(Pembimbing)

  
2. **Prof. Dr. Ir. Suparno, M.S.I.E.**  
**NIP. 194807101976031002**

(Penguji)

  
3. **Prof. Iwan Vanany, S.T., M.T., Ph.D.**  
**NIP: 197109271999031002**

(Penguji)

Direktur Program Pascasarjana,

  
**Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D.**  
**NIP. 19601202 198701 1 001**



# OPTIMALISASI INTERVAL WAKTU PENGGANTIAN KOMPONEN MESIN *PACKER* TEPUNG TERIGU KEMASAN 25 KG DI PT. “X”

Oleh : Sutanto

Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Abdullah Shahab, MSc.

## ABSTRAK

Pertumbuhan industri tepung terigu yang terus meningkat memaksa perusahaan harus bekerja keras untuk menghasilkan produk dengan kualitas stabil, tingkat ketersediaan produk tinggi di pasar dan mempunyai harga yang cukup bersaing untuk mempertahankan loyalitas konsumen. Salah satu cara yang bisa diterapkan adalah dengan cara memperbaiki dan mengoptimalkan manajemen perawatan perusahaan agar mesin mempunyai tingkat keandalan yang diinginkan dan biaya yang dikeluarkan bisa seoptimal mungkin. Hal ini untuk menjamin kualitas, ketersediaan produk di pasar dengan harga yang masuk akal.

Penggantian komponen atau suku cadang mesin *packer* adalah salah satu kegiatan perawatan yang dilakukan menjamin keandalan mesin tersebut. Penggantian komponen atau suku cadang mesin sekarang ini masih berdasarkan pengalaman tanpa mempertimbangkan interval waktu yang optimal agar keandalan terpenuhi dan biaya yang minimal.

Hasil penelitian *spare part* atau komponen mesin *packer* yang telah mencapai masa akhir usia sebagian besar memiliki distribusi Weibull. Waktu penggantian optimal dan biaya penggantian minimal yang diperoleh bervariasi antar masing-masing *spare part* atau komponen. Interval waktu optimal penyetelan komponen penyebab benang putus sebesar 16612.1 menit, penggantian optimal suku cadang gunting sebesar 92378.6 menit, suku cadang jarum sebesar 114887 menit, suku cadang penjepit kantong sebesar 16262.9 menit, penggantian komponen *valve* sebesar 50898.1 menit, penggantian komponen *hydraulic/pneumatic* sebesar 125728 menit, penggantian komponen *high level sensor* sebesar 113590 menit.

**Kata kunci:** keandalan, preventif, korektif

# **COMPONENT REPLACEMENT TIME INTERVAL OPTIMIZATION OF FLOUR PACKER 25 KG AT PT. “X”**

**Oleh : Sutanto**

**Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Abdullah Shahab, MSc.**

## **ABSTRACT**

A flour manufacturing company must produce flour with the steady quality, the good availability and the compete price to faced up the growth of this business. The purpose is to keep the consumer loyalty. One of strategies can be applied are improve and optimize the maintenance management to keep the planned machine reliability with optimal maintenance cost. The purpose is to ensure the steady quality, the good availability with the reliable cost.

A spare part or component replacement is one of the maintenance activities to ensure machine reliability. At now, the spare part or component replacement based on experience without consider the optimal time interval to get planned reliability with minim maintenance cost.

A Result of this research explain that the component or spare part have a lifetime with Weibull distribution. The optimum replacement time and minimal replacement cost is different each spare part or component. The replacement before spare part or component failed can reduce total replacement cost of this spare part or component. The optimum replacement time of component setting caused broken yarn is 16612.1 minutes, scissors replacement time is 92378.6 minutes, hypodermic needle replacement time is 114887 minutes, *valve* replacement time is 50898.1 minutes, hydraulic/pneumatic replacement time is 125728 minutes, and high level sensor replacement time is 113590 minutes.

**Keywords:** reliability, preventive, corrective

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL PENELITIAN	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.2.1 Batasan Penelitian	4
1.2.2 Asumsi – Asumsi	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Sistematika Penulisan Laporan	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Konsep Keandalan	8
2.1.1 Fungsi Keandalan	8
2.1.2 Penilaian Keandalan	9
2.2 Pemodelan Sistem	9
2.2.1 Sistem Seri	9
2.2.2 Sistem Paralel	10
2.2.3 Kombinasi Sistem Seri dan Paralel	11
2.3 Laju Kegagalan	11
2.4 Mean Time Between Failure (MTBF)	12
2.5 Pola Distribusi Data Waktu Antar Kegagalan	12
2.5.1 Distribusi Weibull	12
2.5.2 Distribusi Lognormal	14



2.5.3 Distribusi Eksponensial	14
2.5.4 Distribusi Normal	15
2.6 Karakteristik Kegagalan	16
2.7 Pengujian Distribusi	17
2.8 Optimalisasi Interval Waktu Penggantian Suku Cadang Peralatan	19
2.9 Hasil Penelitian Terdahulu	20
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN</b>	<b>23</b>
3.1 Studi Lapangan dan Identifikasi Masalah	23
3.2 Studi Pustaka	23
3.3 Penetapan Perumusan Masalah dan Tujuan Penelitian	24
3.4 Pengumpulan Data	25
3.5 Pengolahan Data	25
3.6 Kesimpulan dan Saran	26
<b>BAB 4 PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA KEANDALAN</b>	<b>27</b>
4.1 Pemodelan Sistem	27
4.2 Pemodelan Proses Pengepakan ( <i>Packing</i> ) Kemasan 25 Kg	28
4.2.1 Pemodelan Mesin <i>Weigher</i>	29
4.2.2 Pemodelan Mesin <i>Carosel</i>	30
4.2.3 Pemodelan Mesin Jahit	30
4.3 Penilaian Keandalan	30
4.3.1 Data Waktu Antar Kegagalan (TBF) Mesin Jahit Jalur 1	31
4.3.2 Distribusi Waktu Antar Kegagalan (TBF) Mesin Jahit Jalur 1	32
4.3.3 Fungsi Padat Peluang ( <i>PDF</i> ) Mesin Jahit Jalur 1	32
4.3.4 Keandalan (Reliability) Mesin Jahit Jalur 1	33
4.3.5 Laju Kegagalan ( <i>Failure Rate</i> ) Mesin jahit Jalur 1	33
4.3.6 <i>Mean Time Between Failure (MTBF)</i> Mesin Jahit Jalur 1	34
4.4 Rekapitulasi Penilaian Keandalan	34
<b>BAB 5 OPTIMASI INTERVAL WAKTU PENGGANTIAN</b>	<b>39</b>
5.1 Optimasi Biaya Penggantian Komponen Peralatan	39
5.2 Sensitifitas Formula Optimasi	40

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN	44
6.1 Kesimpulan	44
6.2 Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN	47

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data <i>Breakdown</i> Mesin pada Proses Pengepakan Periode Juli 2012 Sampai dengan Juni 2014 di PT “X.	3
Tabel 4.1 Data Waktu antar Kegagalan Mesin Jahit Jalur 201	31
Tabel 4.2 Pengujian Distribusi <i>TBF</i> Mesin Jahit jalur 201	32
Tabel 4.3 Data Parameter Keandalan Mesin Timbangan	35
Tabel 4.4 Data Parameter Keandalan Mesin <i>Carosel</i>	36
Tabel 4.5 Data Parameter Keandalan Mesin Jahit	37
Tabel 4.6 Data Parameter Distribusi Kegagalan Komponen atau Suku Cadang	38
Tabel 5.1 Pengaruh Perubahan Biaya Korektif Terhadap Biaya dan Interval Waktu Optimal Penggantian Komponen atau Suku Cadang	41
Tabel 5.2 Pengaruh Perubahan Biaya Preventif Terhadap Biaya dan Interval Waktu Optimal Penggantian Komponen atau Suku Cadang	42
Lampiran1. Tabel Waktu Antar Kerusakan Mesin	47
Lampiran 2. Tabel Biaya Penggantian Komponen	74

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Proses pengolahan gandum menjadi tepung terigu di PT “X”	1
Gambar 1.2 Mesin <i>packer</i> kemasan 25 Kg (timbangan, <i>carosel</i> , mesin jahit)	2
Gambar 2.1 Model Keandalan Sistem Seri	10
Gambar 2.2 Model Keandalan Sistem Paralel	10
Gambar 2.3 Model Keandalan Kombinasi Sistem Seri dan Paralel	11
Gambar 2.4. Laju kegagalan ( $\lambda$ ) vs waktu (t) ( <i>Bathtub Curve</i> )	16
Gambar 2.5 Ilustrasi penggantian komponen	20
Gambar 2.6 Jadwal penggantian komponen preventif optimal	21
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	24
Gambar 4.1 Proses pengolahan gandum menjadi tepung terigu	28
Gambar 4.2 Alur pengepakan tepung terigu kemasan 25 kg	29
Gambar 4.3 Pemodelan mesin timbangan	30
Gambar 4.4 Pemodelan mesin <i>carosel</i>	30
Gambar 4.5 Pemodelan mesin jahit	30
Gambar 4.6 Grafik <i>pdf</i> Mesin jahit Jalur 201	33
Gambar 5.1 Grafik biaya penggantian suku cadang gunting tumpul	39
Gambar 5.2 Grafik biaya penggantian suku cadang jarum jahit	40
Gambar 5.3 Grafik pengaruh perubagan biaya korektif terhadap interval waktu optimal	41
Gambar 5.4 Grafik pengaruh perubagan biaya prefentif terhadap interval waktu optimal	43
Gambar 5.5 Grafik biaya penyetelan penyebab benang putus dan anyaman tidak sempurna	75
Gambar 5.6 Grafik biaya penggantian gunting	75
Gambar 5.7 Grafik biaya penggantian jarum jahit	76
Gambar 5.8 Grafik biaya penggantian penjepit kantong	76
Gambar 5.9 Grafik biaya penggantian <i>valve</i>	77
Gambar 5.10 Grafik biaya penggantian <i>hydraulic /pneumatic</i>	77
Gambar 5.11 Grafik biaya penggantian <i>high level sensor</i>	78



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Saat ini pertumbuhan industri tepung terigu semakin meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah masyarakat kelas menengah ke atas. Adanya peningkatan kebutuhan tepung terigu disebabkan oleh perubahan pola konsumsi masyarakat kelas menengah ke atas yaitu dari konsumsi beras menjadi konsumsi tepung terigu. Tantangan yang dihadapi oleh industri ini adalah kestabilan kualitas tepung terigu, harga yang bersaing dan tingkat ketersediaan tepung terigu di pasar.

PT “X” adalah salah satu perusahaan berskala nasional yang memproduksi tepung terigu. Perusahaan ini telah mempunyai pangsa pasar 51% dari total konsumsi tepung terigu di Indonesia. Sekitar 80% dari total produksinya dipasarkan untuk memenuhi kebutuhan UKM, sedangkan sisanya untuk memenuhi permintaan pasar rumah tangga.

Dalam menghadapi persaingan pasar yang semakin ketat PT “X” berusaha untuk menjaga kestabilan kualitas hasil produksinya. Selain itu, efisiensi dalam proses produksi tepung terigu juga sangat diperhatikan agar biaya produksi dapat ditekan serendah mungkin sehingga produk dapat dipasarkan dengan kualitas terbaik namun dengan harga yang kompetitif. Ada beberapa tahapan pengolahan gandum menjadi tepung terigu seperti ditunjukkan pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Proses pengolahan gandum menjadi tepung terigu di PT “X”

Tahap pertama pada penanganan bahan baku ini adalah proses pengambilan gandum dari kapal menuju silo dengan menggunakan mesin *wheat unloader*. Tahap kedua adalah penyimpanan gandum pada silo untuk mengatur

komposisi gandum yang akan dipakai untuk menghasilkan jenis tepung terigu yang diinginkan.

Tahap yang ketiga adalah penggilingan gandum menjadi tepung terigu. Pada tahap ini gandum digiling dan diayak sampai didapatkan jenis tepung terigu dengan ukuran tertentu. Tahap keempat adalah proses pengepakan ke dalam kemasan 25 kg, kemasan 1 kg atau dalam bentuk curah. Tahap terakhir adalah penyimpanan tepung terigu pada gudang untuk mengatur proses pengiriman tepung terigu ke distributor.

Proses *packing* mempunyai peranan penting dalam menjaga alur *supply chain* dalam perusahaan. Jika proses pengepakan terjadi gangguan atau keterlambatan, maka distribusi tepung akan bermasalah dan berpotensi menurunkan tingkat ketersediaan tepung terigu di pasar. Sebagian besar produk tepung terigu dikemas dalam bentuk kemasan 25 kg karena paling banyak melayani UKM pengrajin makanan berbasis tepung terigu yaitu sebesar 80% dari total jumlah tepung terigu yang dihasilkan.

Proses pengepakan kemasan 25 kg ini dilakukan dengan menggunakan 17 unit mesin *packer* dengan spesifikasi yang sama. Masing-masing mesin *packer* mempunyai kapasitas 12 sampai dengan 14 *pack* per menit. Kerusakan atau kegagalan pada proses pengepakan akan menyebabkan kerugian yang sangat besar. Kerugian yang terjadi sebagai akibat dari berhentinya proses ini meliputi biaya langsung dan tidak langsung serta potensi kehilangan kesempatan penjualan karena menurunkan tingkat ketersediaan produk tepung terigu di pasar.



Gambar 1.2 Mesin *packer* kemasan 25 Kg (timbangan, *carosel*, mesin jahit)

Kegagalan yang sering terjadi pada proses pengepakan tepung terigu kemasan 25 kg akan menyebabkan *downtime*. *Downtime* akan menyebabkan kehilangan peluang produksi yang seharusnya produk tepung terigu tersebut

sudah sampai di pasar. Tingkat ketersediaan produk di pasar sangat menentukan loyalitas pelanggan. Jika produk tersebut terlambat sampai di konsumen maka akan timbul peluang konsumen tersebut akan pindah ke kompetitor. Hal ini sangat dihindari agar peluang pasar tidak direbut oleh kompetitor. Berikut adalah data kegagalan yang terjadi selama tahun Juli 2012 s/d Juni 2014.

Tabel 1.1 Data *Breakdown* Mesin pada Proses Pengepakan Periode Juli 2012  
Sampai dengan Juni 2014 di PT “X.”

**Data Frekuensi Kerusakan**

Mesin	Frekuensi	Prosentase	Prosentase kumulatif
Mesin Jahit	2347	44.70%	44.70%
Carousel	1713	32.62%	77.32%
Timbangan	568	10.82%	88.14%
Lain	347	6.61%	94.74%
Flour Silo	244	4.65%	99.39%
Automation	27	0.51%	99.90%
FPS	5	0.10%	100.00%
<b>Grand Total</b>	5251	100.00%	

**Data Downtime Kerusakan**

Mesin	Downtime (jam)	Prosentase	Prosentase kumulatif
Mesin Jahit	637.17	36.61%	36.61%
Carousel	578.57	33.24%	69.85%
Timbangan	218.07	12.53%	82.38%
Lain	187.75	10.79%	93.17%
Flour Silo	100.50	5.77%	98.95%
Automation	12.58	0.72%	99.67%
FPS	5.75	0.33%	100.00%
<b>Grand Total</b>	1740.39	100.00%	

Mesin *packer* kemasan 25 kg mengalami kerusakan sebanyak 5251 kali selama periode Juli 2012 sampai dengan Juni 2014. *Downtime* yang terjadi sebesar 1740.39 jam. Prosentase kerusakan ini sekitar 1% dari total perencanaan waktu operasi semua mesin yang dipakai.

Berdasarkan data kegagalan yang terjadi, kegagalan yang paling dominan terletak pada mesin jahit sebanyak 2347 kali dengan *downtime* sebesar 637.17 jam dan carousel sebanyak 1713 kali dengan *downtime* 578.57 jam diikuti timbangan sebanyak 568 dengan *downtime* 218.07 jam.



Beberapa komponen atau suku cadang mesin sering mengalami kerusakan karena mengalami kelelahan atau keausan. Komponen mesin yang rusak menyebabkan mesin tidak bisa dioperasikan. Hal ini mengakibatkan proses produksi akan terhenti. Beberapa komponen yang sering mengalami kerusakan adalah jarum, gunting tumpul, penjepit kantong, *valve carousel*, dan *high level sensor*. Komponen tersebut mempunyai peranan penting dalam proses pengepakan tepung terigu kemasan 25 kg.

Data kegagalan peralatan dicatat oleh Departemen *Flour silo & Packing* dalam laporan harian. Data tersebut belum sepenuhnya digunakan secara optimum, sehingga pembuatan jadwal perawatan untuk meminimalkan biaya perawatan tahunan cenderung tidak akurat. Kendala-kendala yang muncul dalam pelaksanaan perawatan adalah adanya penyimpangan jadwal perawatan suatu peralatan yang berbenturan dengan kebutuhan pemenuhan pasokan tepung terigu ke pasar. Masalah tersebut menyebabkan pemunduran jadwal perawatan yang semestinya dilakukan. Penentuan jadwal perawatan saat ini dilakukan hanya berdasarkan pengalaman dan buku manual mesin saja.

Perawatan pencegahan pada peralatan yang dilakukan secara efektif pada proses pengepakan akan mampu mengurangi jumlah kegagalan yang terjadi. Oleh karena itu, penentuan interval waktu perawatan pencegahan dengan melakukan alokasi dan optimasi menjadi suatu kebutuhan untuk meningkatkan keandalan dari peralatan proses pengepakan PT “X”. Selain itu, laju biaya total yang minimal dapat ditentukan dengan menggunakan pendekatan yang sama.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana menentukan interval waktu pemeliharaan pencegahan dengan melakukan optimasi penggantian komponen atau suku cadang pada mesin *packer* 25 kg?
2. Bagaimana menentukan laju biaya total pemeliharaan pencegahan kegagalan dengan melakukan penggantian komponen atau suku cadang pada mesin *packer* 25 kg?

### **1.2.1 Batasan Penelitian**

Agar penyelesaian tesis ini dapat terarah dan fokus, maka diberlakukan batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Data perawatan yang digunakan berasal dari pencatatan kerusakan mesin pada proses *packing* yang dilakukan oleh Departemen *Flour Silo & Packing* pada lembar kerja produksi harian.
2. Biaya yang dipakai pada perhitungan ini adalah biaya akibat kerusakan peralatan, penggantian suku cadang, biaya inspeksi dan potensi kerugian perusahaan akibat berhenti produksi.
3. Tidak membahas kegagalan proses pada proses pengepakan yang disebabkan oleh kekurangan bahan baku atau akibat kualitas bahan baku yang tidak memenuhi standar.

### **1.2.2 Asumsi Penelitian**

Asumsi-asumsi yang diberlakukan pada tesis ini adalah sebagai berikut:

1. Kemampuan teknisi perawatan dianggap sama dan telah sesuai dengan standar.
2. Tidak ada kesalahan pengoperasian peralatan oleh operator produksi.
3. Data yang digunakan untuk perhitungan TBF (*Time Between Failure*) adalah data dimana kerusakan yang terjadi diatas 10 menit.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan permasalahan yang telah dijelaskan, maka tujuan dari tesis ini adalah:

1. Menentukan interval waktu pemeliharaan pencegahan kegagalan dengan melakukan optimasi jadwal penggantian komponen atau suku cadang mesin *packer* 25 kg.
2. Menentukan laju biaya total pemeliharaan pencegahan penggantian komponen atau suku cadang mesin *packer* 25 kg.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi:

1. Dasar kebijakan untuk menentukan pola perawatan penggantian komponen atau suku cadang mesin packer kemasan 25 kg pada Departemen *Flour Silo & Packing* PT. "X" produsen tepung terigu.
2. Dasar untuk menentukan kebijakan perencanaan penyediaan suku cadang, terutama suku cadang alat-alat utama mesin *packer* tepung terigu kemasan 25 kg, alokasi personel, penjadwalan produksi dan pembuatan anggaran perawatan tahunan.
3. Dasar bagi peneliti atau akademisi menerapkan manajemen pemeliharaan pencegahan dengan pendekatan analisa keandalan untuk menentukan interval waktu pemeliharaan pencegahan penggantian komponen yang optimal.

#### **1.5 Sistematika Penulisan Laporan**

##### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Berisi tentang latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian serta batasan masalah dan asumsi-asumsi yang digunakan dalam penelitian.

##### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Berisi referensi pustaka dan teori dasar yang digunakan untuk penelitian yang akan dilakukan.

##### **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

Berisi metode penelitian atau langkah-langkah dalam memecahkan masalah.

##### **BAB 4 MENENTUKAN WAKTU DAN BIAYA INTERVAL PERAWATAN PERALATAN**

Berisi pemilihan metode perawatan, pengolahan data keandalan, waktu perawatan dan perbaikan penggantian komponen atau suku cadang mesin. Pada bab ini juga berisi tentang optimasi

interval waktu penggantian komponen atau suku cadang mesin *packer*.

## BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi tentang kesimpulan akhir dari penelitian ini, serta saran-saran untuk perusahaan dan penelitian yang akan datang.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Perawatan adalah sebuah usaha atau aktivitas yang harus dilakukan secara berkala dengan cara melakukan inspeksi, pencegahan ataupun perbaikan kerusakan peralatan menggunakan sumber daya yang dimiliki. Perawatan juga ditujukan untuk mempertahankan atau mengembalikan suatu sistem pada kondisi dan fungsi sebagaimana mestinya, memperpanjang usia kegunaan mesin, dan menekan kegagalan sekecil mungkin.

Manajemen perawatan dapat digunakan untuk menentukan sebuah kebijakan mengenai aktivitas perawatan yang harus dilakukan, dengan melibatkan aspek teknis dan pengendalian manajemen ke dalam sebuah program perawatan. Pada umumnya, semakin tinggi aktivitas perbaikan dalam sebuah sistem, diperlukan sebuah strategi manajemen perawatan yang lebih baik. Salah satu strategi manajemen perawatan yang dapat digunakan adalah melaksanakan perencanaan perawatan dan pencegahan yang tepat dengan dasar data keandalan (*reliability*) dari peralatan dan biaya perawatan penggantian suku cadang yang optimal.

#### **2.1 Konsep Keandalan**

Keandalan atau *reliability* dapat diartikan sebagai peluang sebuah komponen/mesin akan mampu melaksanakan sebuah fungsi yang spesifik dalam suatu kondisi operasi dan periode waktu tertentu (*Lewis, 1987*). Keandalan merupakan salah satu ukuran keberhasilan sistem perawatan yang digunakan untuk menentukan penjadwalan perawatan sendiri. Konsep keandalan digunakan juga pada berbagai industri, salah satu contohnya adalah dalam penentuan interval waktu penggantian komponen mesin.

##### **2.1.1 Fungsi Keandalan**

Keandalan dari suatu komponen adalah peluang komponen tersebut untuk tidak rusak atau dapat melakukan fungsinya selama periode waktu  $t$  atau lebih

pada kondisi operasi tertentu. Fungsi keandalan terhadap waktu dapat diformulasikan sebagai berikut (Ebeling, 1997):

$$R(t) = 1 - F(t) = \int_t^{\infty} f(t)dt \quad (2.1)$$

dengan:

$f(t)$  = fungsi padat peluang (*pdf*) pada waktu  $t$

$R(t)$  = keandalan (*reliability*) pada waktu  $t$

$F(t)$  = peluang kegagalan pada waktu  $t$

### 2.1.2 Penilaian Keandalan

Penilaian keandalan pada sebuah proses, sistem ataupun peralatan, secara umum dapat didekati dengan dua metode analisa, yaitu:

#### a. Analisa Kuantitatif (Perhitungan)

Analisa kuantitatif dibedakan menjadi dua bagian besar, yaitu:

1. *Component Level (Physics of Failure, Statistics)*
2. *System Level (FTA, Markov Analysis, dan lain sebagainya)*

#### b. Analisa Kualitatif

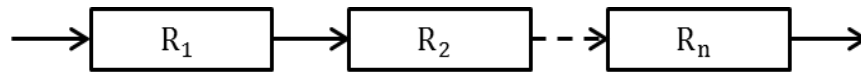
Analisa ini dapat dibagi menjadi 3 bagian yaitu:

1. *Intangible Decision Matrix*
2. *Critically Analysis*
3. *Failure Mode Effect Analysis*

## 2.2 Pemodelan Sistem

### 2.2.1 Sistem Seri

Sistem seri dapat melaksanakan fungsinya atau beroperasi jika semua komponen dalam sistem tersebut beroperasi. Jika salah satu komponen mengalami kegagalan, maka sistem tidak bisa beroperasi atau mengalami kegagalan. Blok diagram sistem dengan susunan seri ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Model Keandalan Sistem Seri

Jika keandalan masing-masing komponen adalah  $R_1, R_2, \dots, R_n$ , maka keandalan sistem seri adalah (Ebeling, 1997):

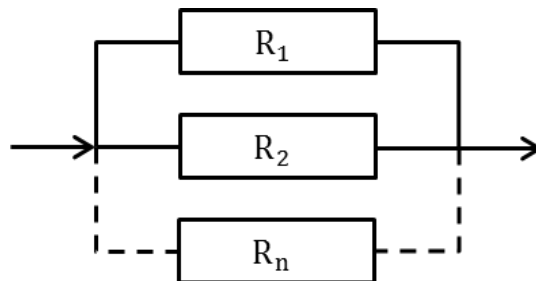
$$R_S = R_1 \times R_2 \times \dots \times R_n$$

$$= \prod_{i=1}^n R_i(t) \quad (2.2)$$

dengan  $R_S$ =keandalan sistem seri

### 2.2.2 Sistem Paralel

Sistem paralel dapat beroperasi sesuai fungsinya jika minimal satu dari komponen penyusunnya beroperasi. Sistem paralel gagal bila seluruh komponen penyusunnya mengalami kegagalan. Blok diagram sistem dengan susunan paralel ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Model Keandalan Sistem Paralel

Jika keandalan masing-masing komponen adalah  $R_1, R_2, \dots, R_n$  maka keandalan sistem paralel adalah (Ebeling, 1997):

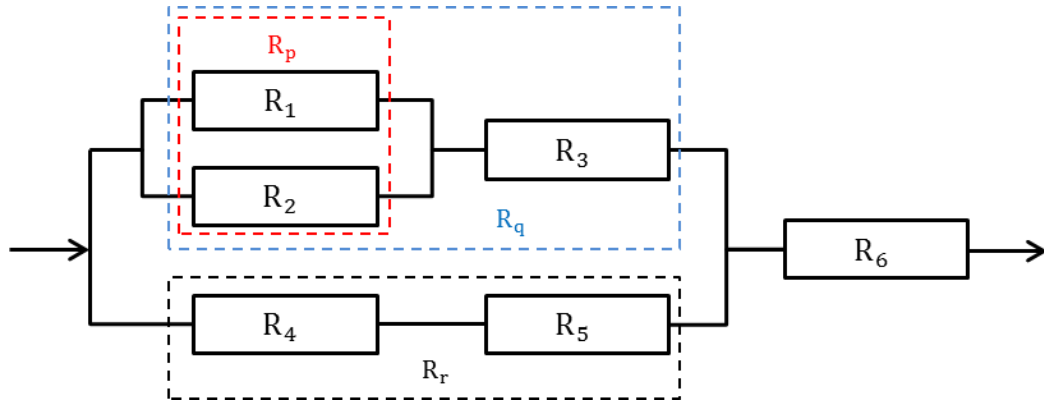
$$R_P = 1 - (1-R_1)(1-R_2) \dots (1-R_n)$$

$$= 1 - \prod_{i=1}^n [1 - R_i(t)] \quad (2.3)$$

dengan  $R_P$  = keandalan sistem paralel

### 2.2.3 Kombinasi Sistem Seri dan Paralel

Contoh dari gabungan sistem seri dan paralel ditunjukkan pada Gambar 2.3 berikut ini:



Gambar 2.3 Model Keandalan Kombinasi Sistem Seri dan Paralel

Nilai keandalan dari sistem yang tersusun secara seri dan paralel dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini (Ebeling, 1997):

$$R_P = [1 - (1-R_1)(1-R_2)], R_q = R_P(R_3), R_r = R_4(R_5)$$

$$R_{Total} = [1 - (1-R_q)(1-R_r)](R_6) \quad (2.4)$$

### 2.3 Laju Kegagalan

Laju kegagalan ( $\lambda$ ) adalah banyaknya kegagalan persatuan waktu. Laju kegagalan dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara banyaknya kegagalan yang terjadi selama selang waktu tertentu dengan total waktu operasi komponen atau sistem. Laju kegagalan dinyatakan sebagai berikut (Ebeling, 1997):

$$\lambda = \frac{f}{T}, \text{ atau} \quad (2.5)$$

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{T(t)} \quad (2.6)$$

dengan:

$f$  = banyaknya kegagalan selama jangka waktu operasi

$T$  = total antar waktu kegagalan



## 2.4 Mean Time Between Failure (MTBF)

MTBF adalah waktu rata-rata antar kegagalan atau rata-rata waktu operasi suatu komponen atau sistem tanpa mengalami kegagalan. MTBF merupakan perbandingan antara waktu operasi dengan jumlah kegagalan dalam periode waktu tertentu.

$$MTBF = \frac{\text{Waktu Operasi}}{\text{Jumlah Kegagalan}} \quad (2.7)$$

$$MTBF = \int_0^{\infty} tf(t)dt = \int_0^{\infty} R(t)dt \quad (2.8)$$

## 2.5 Pola Distribusi Data Antar Kegagalan

Langkah pertama yang dilakukan untuk menghitung keandalan suatu peralatan atau komponen yaitu dengan mencari model probabilitas peralatan atau komponen, dimana biasanya dinyatakan dalam distribusi statistik. Dalam analisa keandalan ada beberapa distribusi yang biasa digunakan yaitu distribusi *Weibull*, distribusi lognormal, distribusi eksponensial, dan distribusi normal. Analisa yang digunakan untuk menentukan distribusi waktu antar kegagalan adalah *Weibull Analysis*.

Dari parameter-parameter distribusi yang didapatkan tersebut, dapat ditentukan fungsi padat peluang/*probability density function* (*pdf*), keandalan/*reliability* ( $R(t)$ ), laju kegagalan/*failure rate* ( $f(t)$ ), dan rata-rata waktu antar kegagalan/*mean time between failure* (*MTBF*).

### 2.5.1 Distribusi Weibull

Distribusi ini dikembangkan oleh W. Weibull pada awal tahun 1950. Distribusi *Weibull* adalah salah satu distribusi yang penting pada teori *reliability*. Distribusi *Weibull* sangat luas digunakan untuk analisa kehilangan performansi pada sistem kompleks di dalam sistem rekayasa. Secara umum, distribusi ini dapat digunakan untuk menjelaskan data saat waktu menunggu hingga terjadi kejadian dan untuk menyatakan berbagai fenomena fisika yang berbeda-beda. Dengan demikian, distribusi ini dapat diterapkan pada analisa resiko karena dapat menduga umur pakai (*life time*) komponen.

Fungsi-fungsi dari distribusi *Weibull* meliputi (Ebeling, 1997):

1. Fungsi padat peluang (*pdf*)

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left( \frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \exp \left[ - \left( \frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta} \right] \quad (2.9)$$

dimana,  $f(t) \geq 0$  dan

$\eta$  = parameter skala (*scale parameter*),  $\eta > 0$

$\beta$  = parameter bentuk (*shape parameter*),  $\beta > 0$

$\gamma$  = parameter lokasi (*location parameter*)

2. Fungsi keandalan

$$R(t) = 1 - F(t) = \exp \left[ - \left( \frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta} \right] \quad (2.10)$$

3. Laju kegagalan

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left( \frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \quad (2.11)$$

4. *Mean Time Between Failure (MTBF)*

$$MTBF = \gamma + \eta \Gamma \left( \frac{1}{\beta} + 1 \right) \quad (2.12)$$

$\Gamma$  adalah fungsi Gamma, dengan  $\Gamma(n)$  dapat diperoleh melalui tabel fungsi gamma.

Parameter  $\beta$  disebut dengan parameter bentuk atau kemiringan *Weibull* (*Weibull slope*), sedangkan parameter  $\eta$  disebut dengan parameter skala atau karakteristik hidup. Bentuk fungsi distribusi *Weibull* bergantung pada parameter bentuknya ( $\beta$ ), yaitu:

1.  $\beta < 1$ : Distribusi *Weibull* akan menyerupai distribusi *hyper-exponential* dengan laju kerusakan cenderung menurun.
2.  $\beta = 1$ : Distribusi *Weibull* akan menyerupai distribusi eksponensial dengan laju kerusakan cenderung konstan.
3.  $\beta > 1$ : Distribusi *Weibull* akan menyerupai distribusi normal dengan laju kerusakan cenderung meningkat.

### 2.5.2 Distribusi Lognormal

Distribusi lognormal sangat cocok menggambarkan lamanya waktu perbaikan suatu komponen. Fungsi-fungsi dari distribusi lognormal (Ebeling, 1997):

1. Fungsi padat peluang (*pdf*)

$$f(t) = \frac{1}{t \cdot \sigma \sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -\frac{1}{2\sigma^2} [\ln t - \mu]^2 \right\} \quad (2.13)$$

dengan:

$\mu$  = rata-rata

$\sigma$  = deviasi standar

2. Fungsi keandalan

$$R(t) = 1 - \Phi \left[ \frac{1}{\sigma} \ln \left( \frac{t}{e^\mu} \right) \right] \quad (2.14)$$

$\Phi$  adalah *cumulative probability distribution function* dari fungsi normal.

3. Laju kegagalan

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2.15)$$

4. *Mean Time Between Failure (MTBF)*

$$MTBF = \exp \left( \mu + \frac{\sigma^2}{2} \right) \quad (2.16)$$

Kosep keandalan distribusi lognormal memiliki 2 parameter, yaitu  $\mu$  (rata-rata) dan  $\sigma$  (deviasi standar).

### 2.5.3 Distribusi Eksponensial

Distribusi ini secara luas digunakan dalam keandalan dan perawatan. Hal ini dikarenakan distribusi ini mudah digunakan untuk berbagai tipe analisis dan memiliki laju kegagalan yang konstan selama masa pakai. Fungsi-fungsi dari distribusi eksponensial (Ebeling, 1997):

1. Fungsi padat peluang (*pdf*)

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}, \quad t \geq 0, \lambda > 0 \quad (2.17)$$

2. Fungsi keandalan

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (2.18)$$

3. Laju kegagalan

$$\lambda = f/T \quad (2.19)$$

dengan:

$\lambda$  = laju kegagalan per unit waktu

$f$  = banyaknya kegagalan dalam kurun waktu

$T$  = total waktu antar kegagalan

4. *Mean Time Between Failure (MTBF)*

$$MTBF = 1 / \lambda \quad (2.20)$$

#### 2.5.4 Distribusi Normal

Distribusi normal adalah distribusi yang paling sering dan umum digunakan. Distribusi normal disebut juga distribusi *Gauss* yang ditemukan oleh Carl Friedrich Gauss (1777-1855). Fungsi-fungsi dari distribusi Normal adalah (Ebeling, 1997):

1. Fungsi padat peluang (*pdf*)

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \frac{(t-\mu)^2}{\sigma^2}} \quad (2.21)$$

dengan:  $\sigma$  = deviasi standar

$\mu$  = rata-rata (*mean*)

2. Fungsi keandalan

$$R(t) = 1 - \int_t^{\infty} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \frac{(t'-\mu)^2}{\sigma^2}} dt' \quad (2.22)$$

3. Laju kegagalan

$$\lambda(t) = \frac{\exp\left[-(t-\mu)^2 / 2\sigma^2\right]}{\int_t^{\infty} \exp\left[-(t-\mu)^2 / 2\sigma^2\right] dt} \quad (2.23)$$

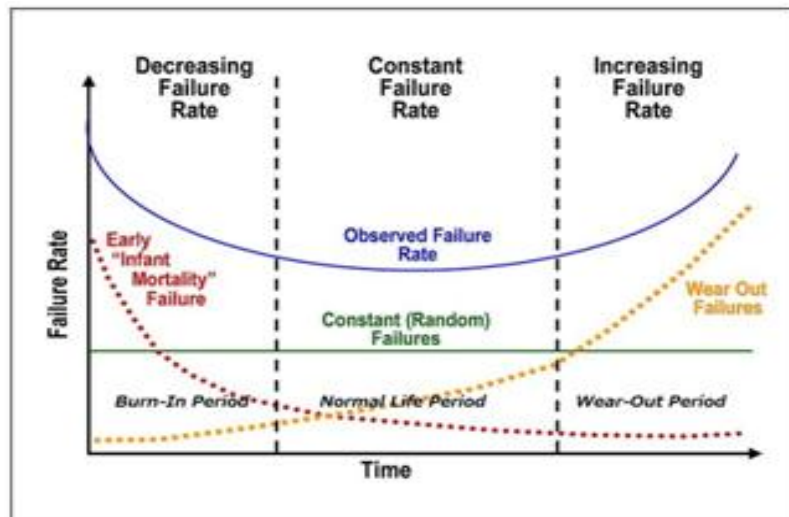
4. *Mean Time Between Failure(MTBF)*

$$MTBF = \mu \quad (2.24)$$

Konsep *reliability* distribusi normal tergantung pada nilai  $\mu$  (rata-rata) dan  $\sigma$  (deviasi standar).

## 2.6 Karakteristik Kegagalan

Karakteristik laju kerusakan terhadap waktu sangat berhubungan dengan penyebab kerusakan komponen/sistem tersebut. Kerusakan yang terjadi dalam suatu sistem atau komponen mengalami fluktuasi sesuai dengan kemampuan material. Bentuk karakteristik dari laju kegagalan dalam teori kehandalan untuk sebuah sistem maupun komponen ditampilkan dalam bentuk *bathtub curve* (Ebeling, 1997) yang ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Laju kegagalan ( $\lambda$ ) vs waktu ( $t$ ) (*Bathtub Curve*)

Pada Gambar 2.4 di atas ditunjukkan 3 zona laju kegagalan dari suatu komponen atau sistem, yaitu:

1. *Burn In Zone (Early Life)* – daerah kegagalan awal.

- Pada daerah ini laju kerusakan menurun seiring dengan bertambahnya waktu operasi.
- Kerusakan yang terjadi secara umum disebabkan karena adanya kesalahan/cacat pada waktu proses manufakturing atau fabrikasi, kesalahan dalam pengoperasian mesin, dan keterampilan operator yang belum memadai, sehingga dibutuhkan penyesuaian-penyesuaian.

- Waktu berlangsungnya periode ini paling cepat.
2. *Useful Life Time Zone* – daerah kegagalan konstan
    - Pada periode ini terjadi laju kerusakan yang paling rendah dan cenderung konstan, dan disebut dengan istilah *Constant Failure Rate (CFR)*.
    - Kerusakan yang terjadi bersifat acak atau random, dan dipengaruhi oleh kondisi lingkungan peralatan.
    - Periode ini merupakan periode pemakaian peralatan secara normal.
  3. *Wear Out Zone* – daerah kegagalan meningkat
    - Pada daerah ini terjadi peningkatan laju kerusakan yang cepat dengan bertambahnya waktu pemakaian, yang sering disebut dengan istilah *Increasing Failure Rate (IFR)*.
    - Peningkatan kerusakan pada peralatan disebabkan oleh keausan peralatan dan pola kerusakannya mempunyai sifat tidak dapat diprediksi.

Dengan menggunakan analisis Weibull didapatkan  $\beta$  yang berbeda-beda untuk ketiga *zone* tersebut diatas, yaitu: daerah *infant mortality* mempunyai  $\beta < 1$ , daerah *random failure* mempunyai  $\beta = 1$ , daerah *early wear out* dengan nilai  $\beta$  antara 1 dan 4 ( $1 < \beta < 4$ ), dan daerah *old age wear out* dengan nilai parameter  $\beta > 4$ . Nilai  $\beta$  merupakan *shape parameter* atau *slope parameter* yang juga menggambarkan kemiringan garis plot dalam grafik Weibull.

## 2.7 Pengujian Distribusi

Dengan bantuan *software Weibull 6++* dilakukan penentuan distribusi waktu antar kegagalan dan lama waktu perbaikan yang paling sesuai dengan menggunakan tiga macam pengujian distribusi, yaitu:

### 1. *Average Goodness of Fit (AvGOF)*

Untuk menganalisis kesesuaian data dapat dimanfaatkan uji *goodness of fit* (kesesuaian) antara distribusi frekuensi hasil pengamatan dengan distribusi frekuensi yang diharapkan. Alternatif dari uji *goodness of fit* adalah uji

Kolmogorov–Smirnov, yang beranggapan bahwa distribusi variabel yang sedang diuji bersifat kontinu dan sampel diambil dari populasi sederhana.

Nilai  $AvGOF$  didapatkan dari uji *Kolmogorov-Smirnov (KS)* dengan membandingkan distribusi empiris data dengan distribusi teoritis tertentu yang dihipotesiskan. Pada prinsipnya jika nilai  $KS$  lebih kecil, maka akan lebih baik. Persamaan untuk menghitung parameter  $KS$  adalah:

$$D_n = \max |S_N(t) - Q(t)| \quad (2.49)$$

dengan:

$S_N(t)$  = fraksi kumulatif jumlah data kegagalan hasil observasi pada  $(t)$  terhadap total  $(t)$  pengamatan.

$Q_N(t)$  = fraksi kumulatif jumlah kegagalan hasil dari perhitungan jenis distribusi yang diharapkan pada  $(t)$  terhadap total  $(t)$  perhitungan.

Hipotesa yang digunakan adalah:

$H_0$  : data mengikuti suatu distribusi kontinyu tertentu

$H_1$  : data mengikuti suatu distribusi kontinyu yang lain

Jika  $D_n < D_{kritis}$ , maka  $H_0$  gagal ditolak, dengan  $D_{kritis}$  bisa didapatkan di tabel uji KS di buku-buku statistik. Pada perangkat lunak *Weibull++6*, nilai  $AvGOF$  adalah peluang dari  $D_{kritis} < D_n$ , sehingga semakin kecil  $AvGOF$ , maka semakin baik distribusi yang diuji dibandingkan dengan yang lain.

## 2. *Average of Plot (AvPlot)*

$AvPlot$  didasarkan pada *normalized index* dari uji *plot fit*. Hasil uji ditunjukkan dalam  $AvPlot$  *index* yang merupakan normalisasi dari koefisien korelasi ( $\rho'$ ).

Nilai koefisien korelasi adalah  $-1 \leq \rho' \leq 1$ . Jika nilai mutlaknya mendekati 1, maka akan semakin baik. Pada perangkat lunak *Weibull ++6*, nilai  $AvPlot$  *index* didapatkan dengan melakukan normalisasi dari koefisien korelasi diatas. Ketentuan yang dipakai adalah jika semakin kecil nilai  $AvPlot$ , maka distribusi yang diuji akan lebih baik dari pada yang lain.

## 3. Nilai dari *Likelihood Function Ratio (LKV)*

$LKV$  adalah suatu metode untuk melakukan estimasi parameter keandalan yang cukup *robust*. Persamaan *log-likelihood* adalah:

$$\Lambda = \ln(L) = \prod_{i=1}^n \ln f(x_i; \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k) \quad (2.50)$$

Nilai maksimum dari persamaan 2.50 didapatkan dengan menurunkan persamaan tersebut secara parsial dan kemudian disamakan dengan nol.

$$\frac{\partial \Lambda}{\partial \theta_j} = 0, j = 1, 2, 3, \dots, k$$

dengan:

$n$  = jumlah data kegagalan

$x_i$  = waktu kegagalan

$\theta_1, \dots, \theta_k$  = parameter yang diestimasi

Ketentuan dari nilai LKV adalah bahwa semakin positif nilainya akan semakin baik untuk distribusi yang diuji.

Ketiga pengujian distribusi tersebut dijadikan pertimbangan pada pengambilan keputusan untuk menentukan distribusi paling sesuai untuk dipilih. Dalam pengolahan data pada perangkat lunak *Weibull++6* dilakukan *ranking* yang didasari pembobotan dari masing-masing ketiga pengujian distribusi. Hasil pembobotan yang mempunyai nilai terendah dari distribusi tersebut menunjukkan distribusi yang terbaik untuk data waktu antar kegagalan dan lama waktu perbaikan yang dimaksud. Distribusi terbaik inilah yang akan digunakan untuk menghitung nilai keandalan dan *maintainability* secara kuantitatif.

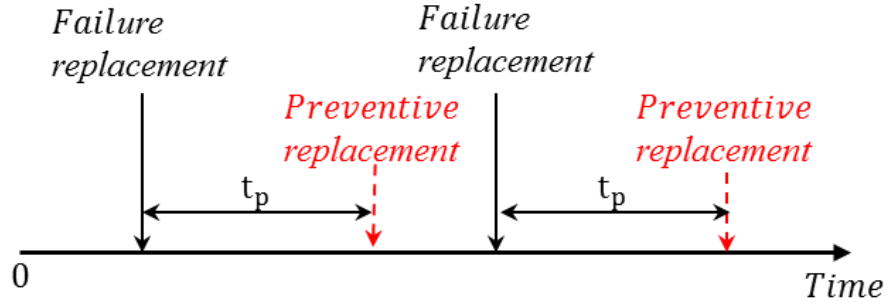
## 2.8 Optimalisasi Interval Waktu Penggantian Suku Cadang Peralatan

Penggantian suku cadang atau komponen dilakukan untuk mengembalikan suatu sistem atau peralatan pada kondisi dan fungsi sebenarnya yang diinginkan. Penggantian ini membutuhkan biaya yang harus dikeluarkan agar peralatan beroperasi sesuai dengan fungsinya. Jika penggantian ini tidak dilakukan bisa menyebabkan peralatan mengalami kegagalan dan bisa menyebabkan biaya yang lebih besar.

Kegagalan mesin mempunyai karakter yang berbeda sesuai dengan distribusi yang terjadi. Oleh karena itu diperlukan jadwal penggantian yang tepat



untuk menemukan interval waktu penggantian komponen yang optimal. Interval waktu penggantian komponen dapat diilustrasikan dalam gambar berikut :



Gambar 2.5 Ilustrasi penggantian komponen (Jardine,1973)

Gambar 2.5 menjelaskan tentang interval waktu penggantian komponen sebelum mengalami kegagalan dibandingkan dengan penggantian saat komponen tersebut mengalami kegagalan. Semakin cepat interval waktu penggantian komponen atau suku cadang semakin besar biaya preventif penggantian komponen atau suku cadang tersebut. Sedangkan jika komponen lebih dulu mengalami kegagalan, maka akan menyebabkan biaya penggantian komponen (*corrective*) yang lebih besar.

Biaya yang muncul karena penggantian komponen atau suku cadang bisa dirumuskan dalam persamaan (Jardine,1973):

$$C(t_p) = \frac{C_p \times R(t_p) + C_f \times [1 - R(t_p)]}{t_p \times R(t_p) + M(t_p) \times [1 - R(t_p)]} \left\{ \frac{Rp}{Menit} \right\}$$

dengan:

$$C(t_p) = \text{total cost of a replacement} \left\{ \frac{Rp}{Menit} \right\}$$

$$C_p = \text{cost of a preventive replacement} \{Rp\}$$

$$C_f = \text{cost of a failure replacement} \{Rp\}$$

$$R(t_p) = \text{probability of preventive cycle}$$

$$M(t_p) = \text{mean time to failure} \{Menit\}$$

Dengan mempertimbangkan waktu yang diperlukan untuk melakukan *preventive replacement* dan *failure maintenance*, maka biaya total dapat dirumuskan menjadi (Jardine,1973):

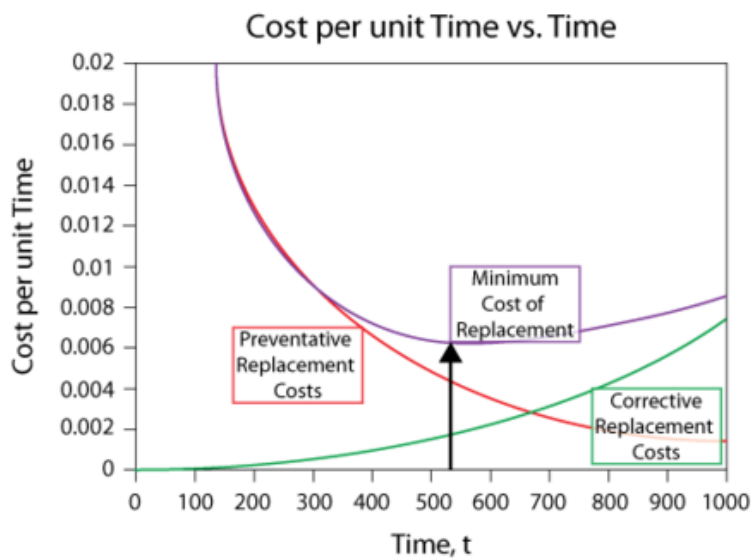
$$C(t_p) = \frac{C_p \times R(t_p) + C_f \times [1 - R(t_p)]}{(t_p + T_p) \times R(t_p) + [M(t_p) + T_f] \times [1 - R(t_p)]} \left\{ \frac{Rp}{Menit} \right\}$$

dengan:

$T_p$  = waktu yang dibutuhkan untuk melakukan *preventive replacement* {Menit}

$T_f$  = waktu yang dibutuhkan untuk melakukan *failure replacement*{Menit}

Setelah memasukkan parameter yang diketahui dalam formula optimasi, akan diperoleh waktu penggantian optimal dengan biaya penggantian yang minimal. Hubungan antara waktu penggantian optimal masing-masing komponen dengan biaya rata-rata minimal tersebut dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.6 Jadwal penggantian komponen preventif optimal

Dari Gambar 2.6 di atas dapat kita lihat bahwa semakin sering penggantian komponen pada peralatan biaya preventifnya akan besar dan biaya korektif kecil. Demikian sebaliknya jika terlalu lama penggantian komponen pada peralatan, maka biaya preventif kecil dan biaya korektifnya akan besar. Waktu penggantian optimal diperoleh pada biaya total yang paling kecil. Dengan memasukkan

parameter yang didapat ke dalam formula optimasi akan didapatkan waktu optimal dengan biaya penggantian komponen minimal.

## **2.9 Hasil Penelitian Terdahulu**

Edi Suhandoko (2011) melakukan penelitian yang berjudul “Penentuan Interval Waktu Pemeliharaan Pencegahan dengan Meminimalkan Laju Biaya Berdasarkan Alokasi dan Optimasi Keandalan Pada Peralatan Seksi Penggilingan (Studi Kasus: PT ISM Bogasari Flour Mills Surabaya” ini bertujuan untuk menentukan waktu optimal untuk melakukan perawatan pencegahan dengan melakukan optimasi menggunakan perangkat lunak WinQSB. Hasil dari optimasi ini adalah sebuah titik yang menggambarkan waktu optimal perawatan pencegahan dan laju biaya perawatan pencegahan minimal untuk melakukan perawatan pencegahan tersebut.

Imam Kushadi (2004) melakukan penelitian yang berjudul “Optimalisasi Penggantian Komponen Truk untuk Pemeliharaan Preventif di PT Varia Usaha Gresik” ini bertujuan untuk menentukan waktu optimal untuk melakukan penggantian komponen truk. Hasil dari optimasi ini adalah sebuah grafik yang menggambarkan laju biaya penggantian komponen terhadap waktu. Dari grafik tersebut bisa didapatkan waktu optimal untuk melakukan penggantian komponen truk.

M Mahdavi (2008) melakukan penelitian untuk menentukan kebijakan interval penggantian komponen yang paling optimal menggunakan model untuk memaksimalkan keandalan sistem. Model membuat keputusan sederhana diberikan untuk menentukan interval waktu penggantian komponen optimal pada sebuah sistem atau peralatan.

## **BAB 3**

### **METODE PENELITIAN**

Penelitian memerlukan sebuah metode yang berisi tentang aturan-aturan dan langkah-langkah terstruktur untuk mendapatkan suatu hasil penelitian yang benar. Langkah-langkah dasar yang biasa dilakukan untuk mencapai tujuan dari penelitian secara benar adalah sebagai berikut:

1. Studi lapangan dan identifikasi permasalahan
2. Studi pustaka
3. Penetapan perumusan masalah dan tujuan penelitian
4. Pengambilan data
5. Pengolahan data
6. Penarikan kesimpulan dan pemberian saran.

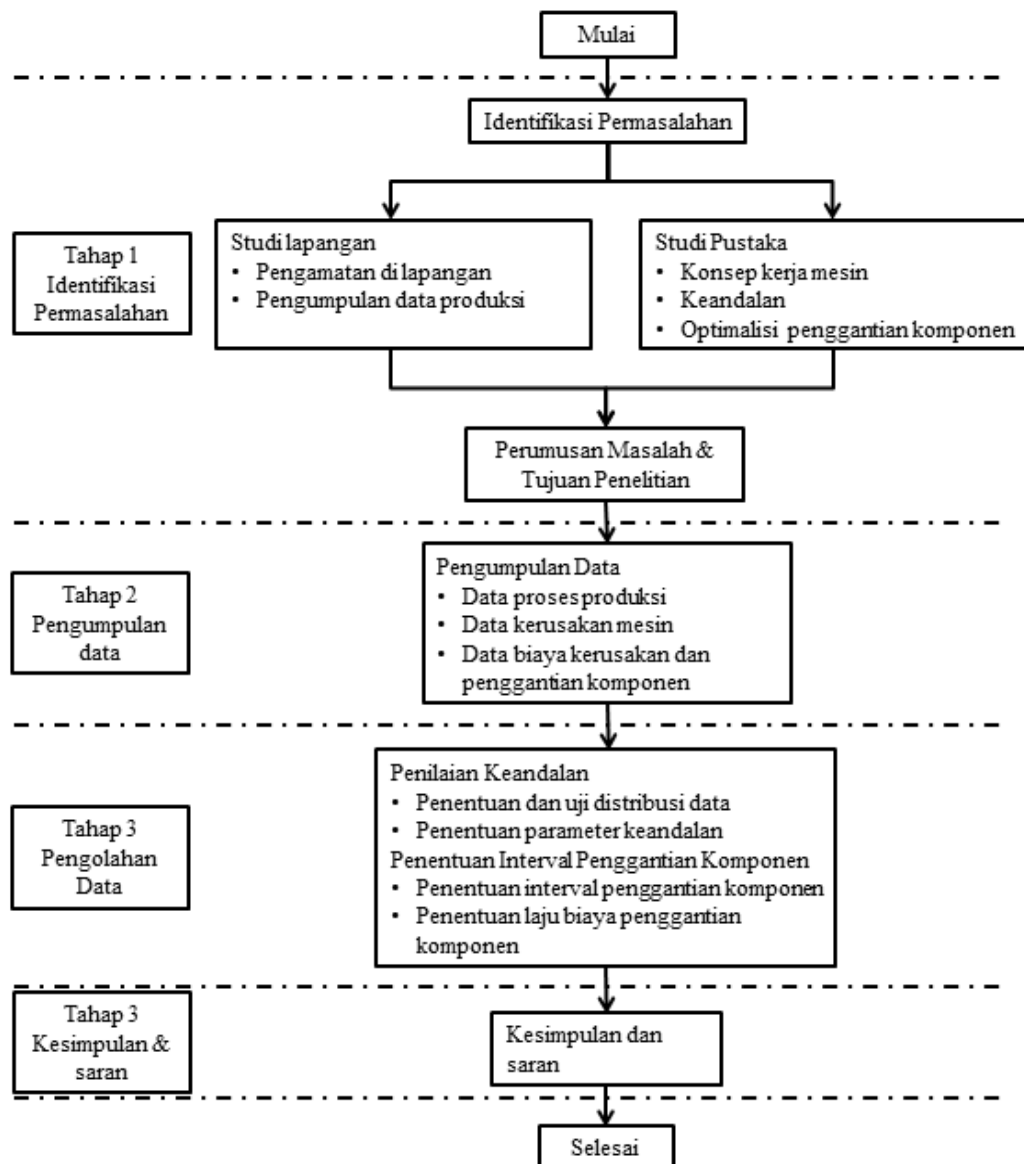
Agar mudah dipahami dan diikuti langkah-langkah tersebut dapat dilihat pada diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.

#### **3.1 Studi Lapangan dan Identifikasi Masalah**

Jenis peralatan yang akan diteliti di PT. “X” adalah peralatan *packer* tepung terigu kemasan 25 kg. Data kegagalan yang dipakai untuk melakukan identifikasi masalah perawatan yang terjadi diperoleh dari *daily production report sheet*, data harga suku cadang atau komponen dan biaya perawatan diperoleh dari Departemen *Production Support* serta data potensi kerugian perusahaan dari Bagian Keuangan.

#### **3.2 Studi Pustaka**

Landasan teori yang sesuai dengan permasalahan yang dihadapi di perusahaan “X” sangat dibutuhkan agar mempunyai dasar kerangka berfikir dan teori dasar yang dapat dipertanggung jawabkan secara ilmiah. Teori-teori tersebut didapatkan dari studi pustaka, baik dengan menggunakan buku-buku maupun jurnal-jurnal yang berhubungan dengan analisis keandalan dan manajemen perawatan.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

### 3.3 Penetapan Perumusan Masalah dan Tujuan Penelitian

Setelah melakukan studi lapangan, identifikasi masalah, dan studi pustaka, maka tahap selanjutnya adalah merumuskan pokok permasalahan yang dihadapi dan tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini.

### 3.4 Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang terkait dengan permasalahan keandalan peralatan meliputi:

- Data proses produksi dari Departemen *Flour Packing*.
- Data kerusakan peralatan *packer* tepung terigu kemasan 25 kg dari Departemen *Flour Packing* dan Departemen *Production Support*.
- Data-data penggantian suku cadang atau komponen dan biaya inspeksi serta perbaikan dari Departemen *Production Support*.
- Data potensi kerugian dan biaya teknisi didapatkan dari Departemen *Flour Packing*.

### 3.5 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan bantuan perangkat lunak *Weibull++6* untuk analisa keandalan dan perangkat lunak *Wolfram Mathematica 9* untuk melakukan optimasi penggantian suku cadang atau komponen dengan biaya minimal dan menampilkan plot biaya perawatan yang optimal, dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Mengkonversi data *down time* dari data operasi produksi atau *log sheet* menjadi data waktu antar kegagalan.
- Menentukan distribusi data waktu antar kegagalan dengan menggunakan perangkat lunak *Weibull++6* (dengan membandingkan *Goodness of Fit*, *Plot Fit*, dan *Like lihood Function Value*). Setelah melakukan uji distribusi ini didapatkan distribusi probabilitas yang paling sesuai untuk data waktu antar kegagalan yang dimaksud.
- Menentukan fungsi padat peluang untuk kegagalan, laju kegagalan, keandalan peralatan dan fungsi padat peluang untuk peralatan. Dengan demikian keandalan masing-masing mesin dan sistem secara keseluruhan untuk suatu periode operasi tertentu dapat dihitung.
- Melakukan optimasi dengan program komputer untuk menentukan biaya minimal proses perawatan penggantian suku cadang pada masing-masing

peralatan. Langkah ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Wolfram Mathematica 9*.

- Menentukan interval waktu pemeliharaan pencegahan penggantian suku cadang atau komponen mesin packer tepung terigu kemasan 25 kg, serta biaya pemeliharaan penggantian suku cadang atau komponen yang sering terjadi.

### **3.6 Kesimpulan dan Saran**

Pada tahapan ini diberikan kesimpulan dan saran dari hasil rangkaian penelitian yang sudah dicapai dan pemberian saran-saran terhadap perusahaan maupun penelitian selanjutnya.

## **BAB 4**

### **PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA KEANDALAN**

#### **4.1 Pemodelan Sistem**

PT “X” merupakan perusahaan yang memproduksi tepung terigu. Secara umum proses pembuatan tepung terigu meliputi:

1. Penerimaan bahan baku (*wheat unloading*)

Kegiatan awal dari proses produksi tepung terigu adalah pemeriksaan bahan baku. Bahan baku berupa gandum ini akan diperiksa kualitasnya meliputi kadar protein, kadar air (*moisture*), berat jenis (*density*) dan kadar *impurities* yang terkandung di dalamnya. Penerimaan dan penyimpanan gandum dilakukan untuk mengatur campuran gandum yang akan dipakai untuk memproduksi tepung terigu merek tertentu.

2. Penyimpanan bahan baku (*wheat storage*)

Penerimaan dan penyimpanan gandum dalam beberapa silo yang sesuai dengan kualitasnya dilakukan untuk mengatur campuran gandum yang akan dipakai untuk memproduksi tepung terigu merek tertentu.

3. Proses penggilingan (*milling*)

Proses penggilingan dilakukan untuk merubah gandum menjadi tepung terigu melalui proses *grinding* dan *sifting*. Prinsip dari proses ini adalah memperkecil ukuran *endosperm* gandum dan memisahkan kulit gandum sehingga diperoleh produk tepung terigu dengan kualitas yang diinginkan.

4. Proses pengepakan (*packing*)

Proses pengepakan tepung terigu dilakukan dalam beberapa kemasan yaitu kemasan *bulk* (curah), kemasan 25 kg, kemasan *consumer pack* 1 Kg. Pengepakan dilakukan untuk mempermudah proses distribusi produk menuju konsumen yang diinginkan.

5. Proses penyimpanan (*flour storage*)

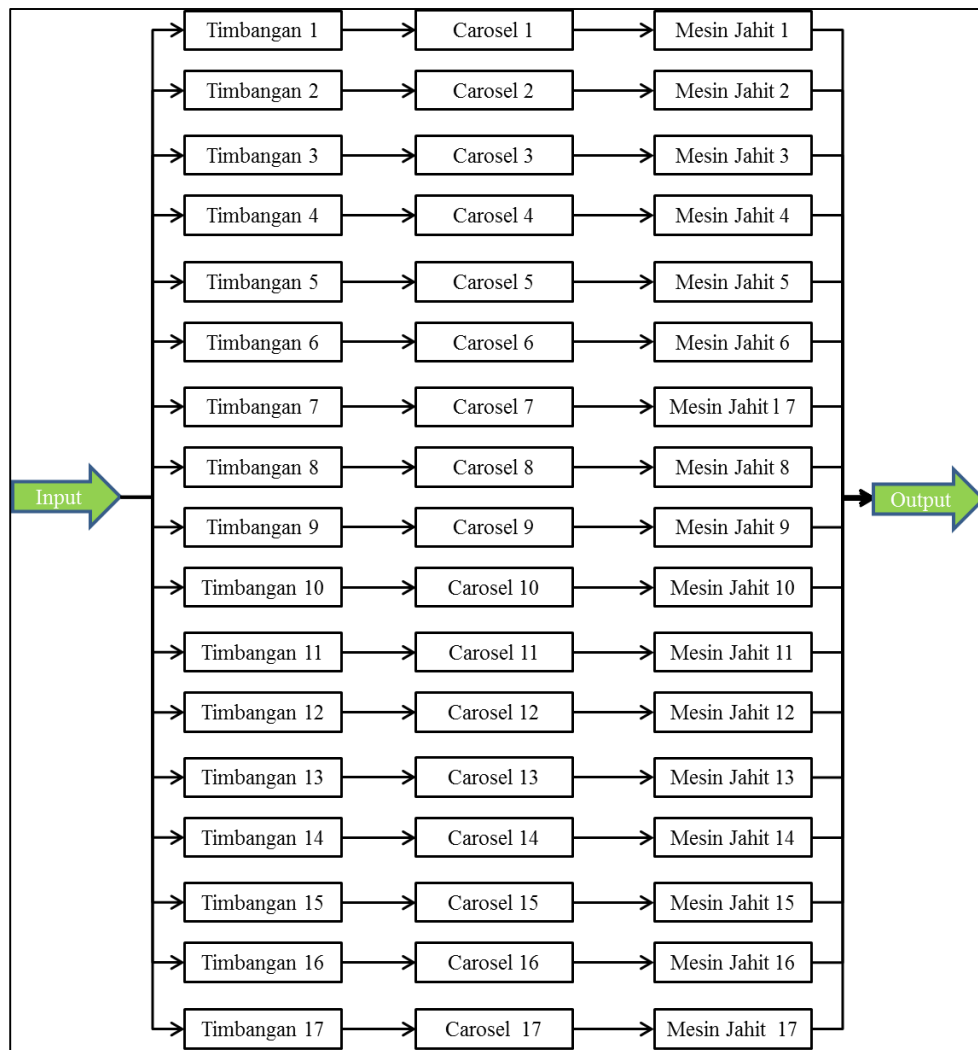
Proses penyimpanan dilakukan sebelum pengiriman ke konsumen menggunakan sistem FIFO. Pengaturan penyimpanan dilakukan agar tidak





3. *Sewing* (mesin jahit) adalah peralatan yang digunakan untuk menjahit kantong kemasan tepung terigu 25 kg.

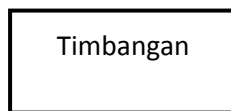
Pemodelan sistem pengepakan tepung terigu kemasan 25 kg ditunjukkan pada Gambar 4.2 berikut:



Gambar 4.2 Alur pengepakan tepung terigu kemasan 25 kg

#### 4.2.1 Pemodelan Mesin *Weigher*

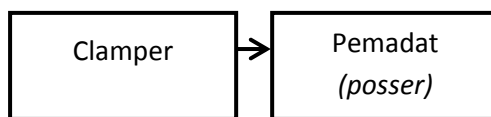
Mesin timbangan (*weigher*) adalah peralatan yang digunakan untuk memastikan berat tepung yang akan dikemas sesuai dengan standar yang sudah ditentukan. Pemodelan *weigher* dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Pemodelan mesin timbangan

#### 4.2.2 Pemodelan Mesin *Carosel*

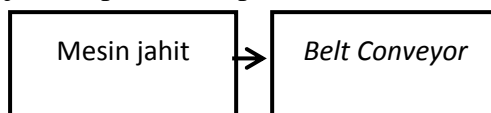
Mesin *carosel* adalah peralatan yang digunakan untuk memasukkan tepung terigu ke dalam kemasan. Sub sistem *carosel* memiliki sub sistem *clamper* dan pemadat (*posser*). Sub sistem *carosel* dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut:



Gambar 4.4 Pemodelan mesin *carosel*

#### 4.2.3 Pemodelan Mesin Jahit

Mesin *sewing* memiliki 2 sub sistem, yaitu mesin jahit dan *belt conveyor*. Mesin jahit adalah mesin yang berfungsi menjahit kemasan. Pemodelan mesin jahit dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut:



Gambar 4.5 Pemodelan mesin jahit

### 4.3 Penilaian Keandalan

Penentuan parameter keandalan mesin packer dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Weibull++*<sup>6</sup>. Penilaian keandalan sistem disusun dari penilaian keandalan dari mesin-mesin penyusun sistem tersebut. Langkah pertama dalam penentuan parameter keandalan adalah menentukan jenis distribusi yang terbaik dari data antar waktu kegagalan. Distribusi terbaik diperoleh dari peringkat pertama hasil pengujian terhadap *curve fitting* antara data dan model dengan 3 buah parameter uji. Ketiga parameter uji tersebut adalah *Average Good of Fitness (AvGOF)*, *Average of Plot (AvPlot)*, dan *Likelihood Function Ratio (LKV)*. Dari hasil *curve fitting* tersebut diperoleh parameter-parameter distribusi yang juga merupakan parameter keandalan.

Pada bagian ini ditunjukkan penilaian keandalan mesin jahit yang merupakan penyusun dari mesin jahit jalur 201.

#### 4.3.1 Data Waktu Antar Kegagalan (TBF) Mesin Jahit Jalur 1

Penentuan waktu antar kegagalan (TBF) mesin jahit jalur 1 didapatkan dari data lembar produksi harian seksi *flour packing*. Data waktu antar kegagalan ditunjukkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.1 Data Waktu antar Kegagalan Mesin Jahit Jalur 1

No	TBF	No	TBF	No	TBF	No	TBF	No	TBF	No	TBF
1	440	31	8390	61	2210	91	90	121	20	151	1275
2	275	32	4735	62	1305	92	4485	122	14605	152	4050
3	1445	33	15	63	2215	93	530	123	1400	153	2205
4	2790	34	50	64	665	94	785	124	325	154	950
5	9635	35	12695	65	9300	95	37590	125	130	155	320
6	4800	36	8495	66	665	96	690	126	21505	156	1550
7	780	37	680	67	1470	97	29170	127	5940	157	3620
8	560	38	760	68	25	98	43470	128	11400	158	3100
9	700	39	1015	69	3385	99	80925	129	11550	159	23475
10	11145	40	6140	70	2345	100	14075	130	690	160	4095
11	425	41	7540	71	5870	101	10920	131	24455	161	1650
12	20640	42	1900	72	4975	102	7125	132	865	162	220
13	2485	43	4665	73	2595	103	660	133	350	163	3155
14	490	44	7385	74	65	104	75	134	4175	164	40645
15	3815	45	305	75	23875	105	1500	135	4575	165	8840
16	55	46	200	76	24610	106	25	136	4775	166	45
17	95	47	1065	77	60	107	10220	137	115	167	3345
18	585	48	6895	78	15	108	540	138	345	168	4235
19	585	49	3480	79	15110	109	18235	139	995	169	3745
20	745	50	965	80	3805	110	5440	140	24810	170	620
21	40445	51	435	81	1880	111	820	141	3030	171	1135
22	13595	52	4035	82	9210	112	1280	142	15990	172	3490
23	20040	53	20	83	10235	113	7800	143	600	173	9845
24	4685	54	4470	84	25900	114	11740	144	5785	174	16770
25	15515	55	4415	85	12510	115	3660	145	200	175	495
26	130	56	80	86	1775	116	390	146	2590		
27	2225	57	430	87	22700	117	4700	147	4610		
28	19100	58	6645	88	125	118	2020	148	130		
29	975	59	13120	89	4620	119	2875	149	1025		
30	7825	60	2220	90	25055	120	3740	150	420		

#### 4.3.2 Distribusi Waktu Antar Kegagalan (*TBF*) Mesin Jahit jalur 1

Berdasarkan tabel data waktu antar kegagalan mesin jahit jalur 1, maka hasil pengujian 3 parameter untuk fungsi distribusi yang paling sesuai dengan perangkat lunak *Weibull++*6 adalah:

Tabel 4.2 Pengujian Distribusi *TBF* Mesin Jahit jalur 1

DISTRIBUTION	Mesin Jahit jalur 201			
	AvGOF	AvPlot	LKV	Rangking
Exponential 1	99.9999616	10.3133192	-1702.2082	4
Exponential 2	99.9999699	10.4150799	-1701.8075	4
Weibull 2	20.9004149	1.40046368	-1670.2546	2
Weibull 3	5.09481262	1.24417506	-1665.1568	1
Normal	99.9999999	12.1951771	-1852.6916	5

Sumber: Hasil pengolahan data menggunakan *software weibull++*6

Tabel di atas menjelaskan bahwa distribusi yang sesuai dengan data TBF Mesin jahit jalur 1 adalah *weibull3*. Parameter keandalannya adalah sebagai berikut:

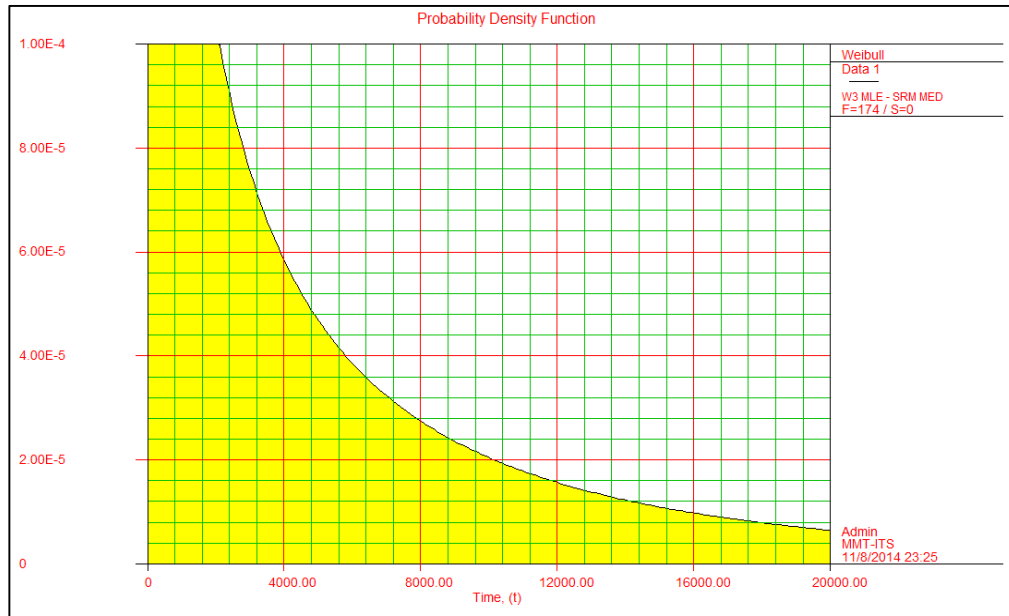
- Parameter bentuk ( $\beta$ ) = 0.6365
- Parameter skala ( $\eta$ ) = 4665.5094
- $\gamma = 14.0125$

#### 4.3.3 Fungsi Padat Peluang (*pdf*) Mesin Jahit Jalur 1

Hasil estimasi parameter *Weibull3* menentukan fungsi padat peluang (*pdf*) Mesin Jahit Jalur 1. Fungsi padat peluang ( $f(t)$ ) dari Mesin Jahit Jalur 1 yang mengikuti distribusi *Weibull3* adalah:

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left( \frac{t - \gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \exp \left[ - \left( \frac{t - \gamma}{\eta} \right)^{\beta} \right]$$

$$f(t) = \frac{0.6365}{4665.5094} \left( \frac{t - 14.0125}{4665.5094} \right)^{0.6365-1} \exp \left[ - \left( \frac{t - 14.0125}{4665.5094} \right)^{0.6365} \right]$$



Gambar 4.6 Grafik *pdf* Mesin jahit Jalur 1

#### 4.3.4 Keandalan (*Reliability*) Mesin jahit jalur 1

Distribusi data waktu antar kegagalan (TBF) mesin jahit jalur 1 mengikuti distribusi *weibull3*. Fungsi keandalan ( $R(t)$ ) dari mesin jahit jalur 1 yang mengikuti distribusi *weibull3* adalah:

$$R(t) = 1 - F(t) = \exp \left[ - \left( \frac{t - \gamma}{\eta} \right)^{\beta} \right]$$

$$R(t) = \exp \left[ - \left( \frac{t - 14.0125}{4665.5094} \right)^{0.6365} \right]$$

#### 4.3.5 Laju Kegagalan (*Failure Rate*) Mesin Jahit Jalur 1

Laju kegagalan (*failure rate*) mesin jahit jalur 1 yang mengikuti distribusi *weibull3* adalah sebagai berikut:

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left( \frac{t - \gamma}{\eta} \right)^{\beta-1}$$

$$\lambda(t) = \frac{0.6365}{4665.5094} \left( \frac{t - 14.0125}{4665.5094} \right)^{0.6365-1}$$

#### 4.3.6 Mean Time Between Failure (MTBF) Mesin Jahit Jalur 1

Mean Time Between Failure (MTBF) Mesin Jahit jalur 1 mengikuti distribusi *weibull*3. MTBF yang mengikuti distribusi tersebut adalah sebagai berikut:

$$MTBF = \gamma + \eta \Gamma\left(\frac{1}{\beta} + 1\right)$$

$$MTBF = 14.0125 + 4665.5094 \Gamma\left(\frac{1}{0.6365} + 1\right)$$

#### 4.4 Rekapitulasi Penilaian Keandalan

Dengan cara yang sama, penilaian keandalan dilakukan pada masing masing mesin pada jalur. Dari hasil pengolahan data waktu antar kegagalan mesin, didapatkan data distribusi waktu antar kegagalan dan parameter keandalan sistem. Rekapitulasi distribusi data waktu antar kegagalan dan parameter keandalan ditunjukkan pada Tabel berikut:

Tabel 4.3 Data Parameter Keandalan Mesin Timbangan

Mesin	Jenis Distribusi	$\beta$	$\eta$	$\gamma$
Timbangan Jalur 1	Weibull3	0.5547	46683	1293.1
Timbangan Jalur 2	Weibull2	0.8994	15754	
Timbangan Jalur 3	Weibull3	0.6885	28405	71.875
Timbangan Jalur 4	Weibull3	0.6734	31157	1651.2
Timbangan Jalur 5	Weibull3	0.5857	15777	6.9
Timbangan Jalur 6	Weibull3	0.8809	42448	1514.8
Timbangan Jalur 7	Weibull2	0.8496	19002	
Timbangan Jalur 8	Weibull3	0.7035	26076	73.1375
Timbangan Jalur 9	Weibull3	0.751	17796	-94.975
Timbangan Jalur 10	Weibull2	0.6721	19385	
Timbangan Jalur 11	Weibull2	0.8935	51942	
Timbangan Jalur 12	Weibull3	0.6364	42993	-182.713
Timbangan Jalur 13	Weibull3	0.7611	27207	-80.95
Timbangan Jalur 14	Weibull3	0.6396	20096	59.9875
Timbangan Jalur 15	Weibull2	0.729	18156	
Timbangan Jalur 16	Weibull2	1.0027	26149	
Timbangan Jalur 17	Weibull3	0.5965	45403	-7.45



Tabel 4.4 Data Parameter Keandalan Mesin *Carosel*

Mesin	Jenis Distribusi	$\beta$	$\eta$	$\gamma$
Carosel Jalur 1	<i>Weibull3</i>	0.715	6947.964	9.7375
Carosel Jalur 2	<i>Weibull3</i>	0.7531	6645.163	16.15
Carosel Jalur 3	<i>Weibull3</i>	0.7234	8047.267	22.2375
Carosel Jalur 4	<i>Weibull3</i>	0.7794	8931.458	-40.815
Carosel Jalur 5	<i>Exponential2</i>	5.95E-05	65	
Carosel Jalur 6	<i>Weibull3</i>	0.713	11843	-4.25
Carosel Jalur 7	<i>Weibull2</i>	0.8423	18516	
Carosel Jalur 8	<i>Weibull3</i>	0.6783	11717	52.3
Carosel Jalur 9	<i>Weibull3</i>	0.7652	10629	-40.775
Carosel Jalur 10	<i>Weibull3</i>	0.7391	7523.189	5.3875
Carosel Jalur 11	<i>Weibull2</i>	0.6484	9402.565	
Carosel Jalur 12	<i>Weibull3</i>	0.5593	11519	52
Carosel Jalur 13	<i>Weibull3</i>	0.6415	4695.101	9.35
Carosel Jalur 14	<i>Weibull3</i>	0.826	11366	-14.075
Carosel Jalur 15	<i>Weibull2</i>	0.7003	11239	
Carosel Jalur 16	<i>Weibull3</i>	0.6388	4900.83	20.9125
Carosel Jalur 17	<i>Weibull2</i>	0.6374	9940.699	

Tabel 4.5 Data Parameter Keandalan Mesin Jahit

Mesin	Jenis Distribusi	$\beta$	$\eta$	$\gamma$
Mesin Jahit Jalur 1	Weibull3	0.6365	4665.509	14.0125
Mesin Jahit Jalur 2	Weibull3	0.5871	4583.171	19.55
Mesin Jahit Jalur 3	Weibull3	0.5837	6356.469	12.5125
Mesin Jahit Jalur 4	Weibull2	0.7064	5460.065	
Mesin Jahit Jalur 5	Weibull3	0.6008	6459.427	18.4
Mesin Jahit Jalur 6	Weibull3	0.6974	12150	139
Mesin Jahit Jalur 7	Weibull3	0.6977	6441.53	7.1
Mesin Jahit Jalur 8	Weibull3	0.6478	5247.137	3.7475
Mesin Jahit Jalur 9	Weibull3	0.6662	5431.919	13.6
Mesin Jahit Jalur 10	Weibull2	0.6962	3631.246	
Mesin Jahit Jalur 11	Weibull3	0.6306	19496	680.825
Mesin Jahit Jalur 12	Weibull3	0.4919	12181	17.9
Mesin Jahit Jalur 13	Weibull3	0.6761	2799.222	4.9725
Mesin Jahit Jalur 14	Weibull3	0.6759	6796.627	0.525
Mesin Jahit Jalur 15	Weibull3	0.5662	5602.705	4.5475
Mesin Jahit Jalur 16	Weibull3	0.638	4278.099	13.6375
Mesin Jahit Jalur 17	Weibull3	0.7376	15465	-13.45

Tabel 4.6 Data Parameter Distribusi Kegagalan Komponen atau Suku Cadang

Mesin	Komponen	Jenis Distribusi	$\beta$	$\eta$	$\gamma$
Mesin Jahit	Benang Putus & Anyaman	Weibull2	0.9505	26398	5033.5
	Gunting Tumpul	Weibull2	1.072	139050	12672
	Jarum patah	Weibull2	1.2729	245500	6260.05
Carosel	Penjepit Kantong	Weibull2	0.8739	23967	3019.5
	Valve	Weibull2	0.9494	71950	17820
	Hydraulic / Pneumatic	Weibull2	0.8738	147920	40405
Timbangan	High Level Sensor	Weibull3	1.7894	170990	30517

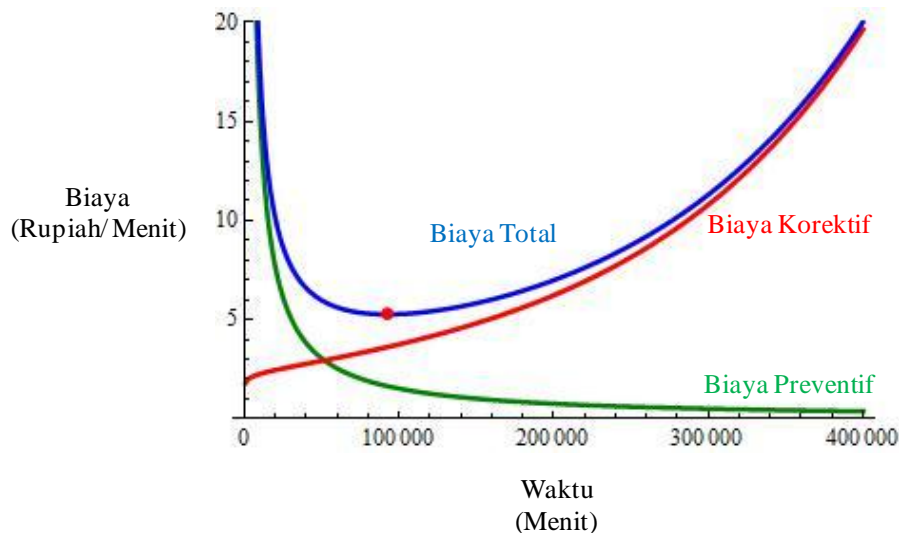
## BAB 5

### OPTIMALISASI WAKTU PENGGANTIAN KOMPONEN

#### 5.1 Optimasi Biaya Penggantian Komponen Peralatan

Optimasi dilakukan pada permasalahan yang sering terjadi pada masing-masing mesin yang digunakan dalam proses pengepakan tepung terigu kemasan 25 kg. Interval pemeliharaan peralatan meliputi masalah Mesin Jahit (gunting tumpul, benang putus, jarum patah), Mesin *Carosel* (Penjepit kantong, *valve*, *hyd/pneumatic*) dan Mesin Timbangan (*High Level Sensor*). Berikut ini akan diberikan beberapa contoh grafik optimalisasi penggantian komponen gunting dan jarum.

##### a. Gunting Tumpul (Mesin Jahit)

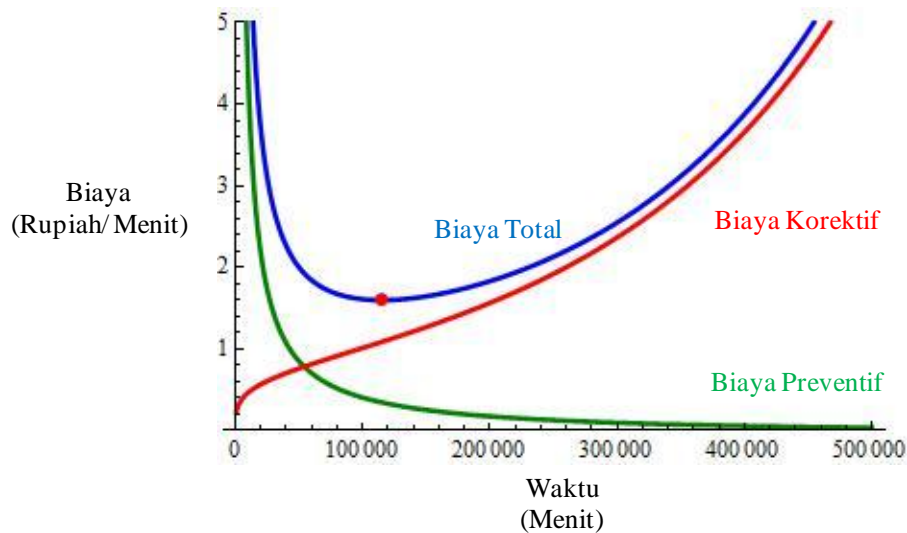


Gambar 5.1 Grafik biaya penggantian suku cadang gunting tumpul

Gambar 5.1 menjelaskan biaya penggantian suku cadang gunting pada mesin jahit. Semakin lama interval waktu penggantian gunting, semakin menurun biaya pencegahan yang terjadi. Biaya perbaikannya akan semakin naik seiring dengan semakin lama interval waktu penggantian gunting. Total biaya

penggantian preventif + korektif paling kecil terletak pada interval waktu 92383.6 menit dengan biaya rata-rata sebesar Rp 5.26806/menit.

b. Jarum Patah (Mesin Jahit)



Gambar 5.2 Grafik biaya penggantian suku cadang jarum jahit

Biaya penggantian jarum jahit dapat dilihat pada Gambar 5.2. Semakin lama interval waktu penggantian jarum jahit menyebabkan semakin besar biaya penggantian korektif dan semakin menurunnya biaya penggantian preventif. Biaya total optimal penggantian jarum sebesar Rp 1.5961/menit terletak pada interval waktu 114895 menit.

## 5.2 Sensitifitas Perhitungan Hasil Optimasi Akibat Perubahan Biaya

Optimasi untuk menemukan interval waktu penggantian komponen atau suku cadang yang optimal menggunakan formula yang ditemukan Jardine ini memasukkan beberapa parameter. Parameter tersebut berupa parameter bentuk dan skala distribusi waktu antar kegagalan, biaya preventif, biaya korektif, dan waktu yang diperlukan untuk melakukan proses penggantian komponen atau suku cadang tersebut. Dengan berjalannya waktu, memungkinkan adanya perubahan besar biaya preventif maupun korektif yang harus dikeluarkan.

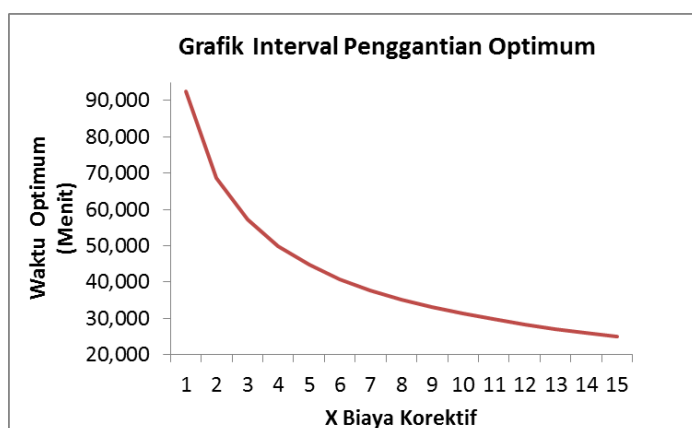
Sebagai contoh perubahan biaya korektif akan diterapkan pada kasus penggantian komponen gunting. Perubahan biaya kelipatan 1 sampai dengan 15

dimasukkan dalam proses optimasi. Hasil perhitungan optimasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Pengaruh Perubahan Biaya Korektif Terhadap Biaya dan Interval Waktu Optimal Penggantian Komponen atau Suku Cadang

No	Kelipatan	Biaya preventif (Rp)	Biaya korektif (Rp)	Waktu Optimal (Menit)	Biaya Total (Rp/Menit)
1	1	152125	369188	92383.6	5.26806
2	2	152125	738376	68735.6	8.65621
3	3	152125	1107564	57161.6	11.7776
4	4	152125	1476752	49882.6	14.7565
5	5	152125	1845940	44736.8	17.642
6	6	152125	2215128	40840	20.4595
7	7	152125	2584316	37751.7	23.2242
8	8	152125	2953504	35223.2	25.9464
9	9	152125	3322692	33102	28.6331
10	10	152125	3691880	31288.6	31.2896
11	11	152125	4061068	29714.5	33.9198
12	12	152125	4430256	28331	36.5269
13	13	152125	4799444	27102.4	39.1135
14	14	152125	5168632	26001.6	41.6815
15	15	152125	5537820	25007.9	44.2327

Hasil optimasi karena perubahan biaya penggantian biaya korektif dijelaskan pada Gambar 5.3



Gambar 5.3 Grafik pengaruh perubahan biaya korektif terhadap interval waktu optimal

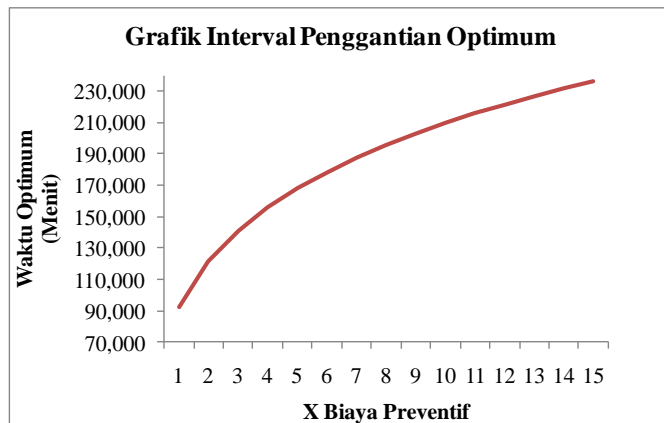
Dengan berubahnya biaya penggantian korektif mengakibatkan interval waktu penggantian optimal akan bergeser. Semakin besar biaya korektif menyebabkan interval waktu penggantian optimal yang harus dilakukan akan semakin menurun.

Perubahan biaya preventif juga akan menyebabkan pergeseran waktu penggantian optimal. Perubahan akibat perubahan biaya preventif dapat dilihat pada Tabel 5.2

Tabel 5.2 Pengaruh Perubahan Biaya Preventif Terhadap Biaya dan Interval Waktu Optimal Penggantian Komponen atau Suku Cadang

No	Kelipatan	Biaya preventif (Rp)	Biaya korektif (Rp)	Waktu Optimal (Menit)	Biaya Total (Rp/Menit)
1	1	152125	369188	92383.6	5.26806
2	2	304250	369188	121280	6.68455
3	3	456375	369188	140716	7.84352
4	4	608500	369188	155646	8.86906
5	5	760625	369188	167871	9.80889
6	6	912750	369188	178272	10.6875
7	7	1064875	369188	187350	11.5193
8	8	1217000	369188	195422	12.314
9	9	1369125	369188	202698	13.0781
10	10	1521250	369188	209331	13.8163
11	11	1673375	369188	215429	14.5325
12	12	1825500	369188	221078	15.2295
13	13	1977625	369188	226340	15.9094
14	14	2129750	369188	231269	16.5742
15	15	2281875	369188	235907	17.2254

Hasil optimasi karena perubahan biaya penggantian biaya korektif dijelaskan pada Gambar 5.4



Gambar 5.4 Grafik pengaruh perubahan biaya preventif terhadap interval waktu optimal

Dari Gambar 5.4 dapat dijelaskan bahwa semakin besar biaya penggantian preventif akan menyebabkan semakin besar interval waktu penggantian optimal yang harus dilakukan. Demikian sebaliknya semakin kecil biaya penggantian preventif akan menyebabkan semakin kecil interval waktu yang harus dilakukan agar mendapatkan biaya minimal.



## **BAB 6**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1 Kesimpulan**

Berdasarkan pembahasan yang dilakukan pada bab-bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Interval waktu penggantian suku cadang atau komponen mesin *packer* kemasan 25 Kg paling optimal.
  - a. Interval waktu penyetelan komponen penyebab benang putus dan anyaman tidak sempurna sebesar 16612.1 menit atau 11.54 hari.
  - b. Interval waktu penggantian suku cadang gunting tumpul sebesar 92378.6 menit atau 64.15 hari.
  - c. Interval waktu penggantian suku cadang jarum sebesar 114887 menit atau 79.78 hari.
  - d. Interval waktu penggantian suku cadang penjepit kantong sebesar 16262.9 menit atau 11.29 hari.
  - e. Interval waktu penggantian komponen *valve* sebesar 50898.1 menit atau 35.35 hari.
  - f. Interval waktu penggantian komponen *hydraulic/pneumatic* sebesar 125728 menit atau 87.31 hari.
  - g. Interval waktu penggantian komponen *high level sensor* sebesar 113590 menit atau 78.88 hari.
2. Biaya penggantian suku cadang atau komponen mesin *packer* kemasan 25 kg paling optimal.
  - a. Biaya penyetelan komponen penyebab benang putus dan anyaman tidak sempurna sebesar Rp. 41.18/menit atau Rp. 59299.2/hari.
  - b. Biaya penggantian suku cadang gunting tumpul sebesar Rp. 5.27/menit atau Rp. 7584.06/hari.
  - c. Biaya penggantian suku cadang jarum jahit sebesar Rp. 1.60/menit atau Rp. 2298.05/hari.

- d. Biaya penggantian suku cadang penjepit kantong sebesar Rp. 58.82/menit atau Rp. 84702.96/hari.
- e. Biaya penggantian suku cadang *valve* sebesar Rp. 24.61/menit atau Rp. 35432.35/hari.
- f. Biaya penggantian suku cadang *hydraulic/pneumatic* sebesar Rp. 10.87/menit atau Rp. 15654.38/hari.
- g. Biaya penggantian suku cadang *high level sensor* sebesar Rp. 15.89/menit atau Rp. 22878.86/hari.

Hasil penelitian *spare part* atau komponen mesin *packer* yang telah mencapai masa akhir usia sebagian besar memiliki distribusi Weibull. Waktu penggantian optimal dan biaya penggantian minimal yang diperoleh bervariasi antar masing-masing *spare part* atau komponen. Apabila *spare part* memungkinkan diganti sebelum rusak, maka strategi penggantian preventif dapat menurunkan total biaya yang terjadi.

Waktu penggantian optimal yang didapatkan dari penelitian ini bisa digunakan perusahaan sebagai dasar menentukan pola perawatan penggantian komponen, penyediaan suku cadang, alokasi personel dan pembuatan anggaran perawatan tahunan. Dengan penerapan strategi perawatan di atas diharapkan dapat mengurangi biaya perawatan yang terjadi.

## 6.2 Saran

Berikut ini beberapa saran yang dapat dijadikan pertimbangan untuk masukan bagi pihak perusahaan dan untuk penelitian lebih lanjut.

1. Pemeliharaan penggantian suku cadang atau komponen sebaiknya dilakukan mendekati interval waktu optimal penggantian agar efek dari kerusakan yang timbul dapat dikurangi atau bahkan diminimalkan.
2. Pencatatan kejadian kerusakan lebih rapi dan lengkap agar data yang digunakan dalam penyusunan interval waktu penggantian suku cadang atau komponen optimal lebih akurat.

# Lampiran1. Tabel Waktu Antar Kerusakan Mesin

## Tabel Waktu antar Kerusakan Mesin Timbangan

Timbangan 1		Timbangan 2		Timbangan 2		Timbangan 3		Timbangan 4	
No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)
1	2865	1	2730	51	2645	1	12930	1	2910
2	1365	2	4590	52	51270	2	37395	2	7260
3	105210	3	12055	53	24810	3	17070	3	14400
4	2050	4	45080	54	2610	4	13240	4	34980
5	22295	5	27015	55	9705	5	172055	5	53155
6	45715	6	7770	56	135	6	14850	6	165125
7	37105	7	4280			7	101730	7	34620
8	186590	8	31690			8	59010	8	37380
9	138855	9	5775			9	1005	9	12385
10	18500	10	5055			10	20525	10	2075
11	70290	11	8165			11	20350	11	7980
12	16950	12	5575			12	1860	12	66760
13	2295	13	1380			13	110415	13	1760
14	387925	14	38790			14	18705	14	2835
15		15	8660			15	60600	15	8445
16		16	40			16	12655	16	64890
17		17	44985			17	34505	17	4920
18		18	12595			18	980	18	13710
19		19	6930			19	24070	19	26370
20		20	1530			20	1380	20	4395
21		21	50675			21	5440	21	54510
22		22	16873			22	10880	22	12585
23		23	4652			23	2610	23	40380
24		24	14535			24	3235	24	90780
25		25	17285			25	4420	25	40275
26		26	4310			26	60980	26	311025
27		27	4670			27	19205	27	
28		28	61425			28	135	28	
29		29	29085			29	225205	29	
30		30	25710			30		30	
31		31	25010			31		31	
32		32	36580			32		32	
33		33	44955			33		33	
34		34	40880			34		34	
35		35	16695			35		35	
36		36	41875			36		36	
37		37	47980			37		37	
38		38	7995			38		38	
39		39	5140			39		39	
40		40	8740			40		40	
41		41	20760			41		41	
42		42	4230			42		42	
43		43	4995			43		43	
44		44	975			44		44	
45		45	890			45		45	
46		46	6360			46		46	
47		47	970			47		47	
48		48	1630			48		48	
49		49	7745			49		49	
50		50	7480			50		50	

Tabel Waktu antar Kerusakan Mesin Timbangan (Lanjutan)

Timbangan 5		Timbangan 6		Timbangan 7		Timbangan 7		Timbangan 8	
No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)
1	795	1	2280	1	28390	51	118190	1	41825
2	23445	2	5640	2	16250	52	9930	2	13755
3	1215	3	8065	3	25695	53	26685	3	23035
4	61665	4	86690	4	26150			4	89965
5	17440	5	9190	5	8280			5	78740
6	1310	6	80015	6	5780			6	54350
7	39270	7	36325	7	8620			7	18840
8	129245	8	99410	8	1795			8	4515
9	3990	9	87135	9	3905			9	535
10	31940	10	47820	10	5405			10	7115
11	11240	11		11	16135			11	9340
12	20	12		12	11935			12	1930
13	55595	13		13	1505			13	1770
14	31085	14		14	30120			14	8440
15	160	15		15	26180			15	145
16	2660	16		16	9415			16	695
17	9680	17		17	11715			17	2965
18	15490	18		18	6825			18	15065
19	7590	19		19	1760			19	14335
20	89715	20		20	2395			20	135665
21	25900	21		21	6690			21	11470
22	61970	22		22	11805			22	14870
23	195	23		23	1425			23	680
24	1190	24		24	9875			24	3240
25	7710	25		25	17475			25	123490
26	2050	26		26	9580			26	54870
27	11160	27		27	10200			27	22955
28	615	28		28	650			28	74615
29	1005	29		29	6125			29	13310
30	8875	30		30	10080			30	62640
31	44630	31		31	75			31	98640
32	345	32		32	3850			32	
33	1620	33		33	20555			33	
34	905	34		34	10280			34	
35	2805	35		35	54615			35	
36	4920	36		36	7590			36	
37	62640	37		37	10820			37	
38	22000	38		38	1575			38	
39	11465	39		39	7660			39	
40	191680	40		40	14025			40	
41	925	41		41	43555			41	
42		42		42	37165			42	
43		43		43	1495			43	
44		44		44	125445			44	
45		45		45	78680			45	
46		46		46	9715			46	
47		47		47	71400			47	
48		48		48	5975			48	
49		49		49	47345			49	
50		50		50	66300			50	

Tabel Waktu antar Kerusakan Mesin Timbangan (Lanjutan)

Timbangan 9		Timbangan 10		Timbangan 11		Timbangan 12		Timbangan 13	
No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)
1	31160	1	28490	1	153335	1	18720	1	62695
2	6285	2	73890	2	5065	2	15090	2	22265
3	39860	3	35540	3	21230	3	348675	3	5040
4	9835	4	93310	4	30860	4	75	4	10135
5	23575	5	11790	5	14480	5	43500	5	9725
6	21860	6	6235	6	42360	6	67105	6	11770
7	5800	7	10055	7	14320	7	15120	7	1155
8	13665	8	42570	8	14390	8	111865	8	5645
9	26395	9	93315	9	99505	9	2860	9	25110
10	10335	10	6705	10	12860	10	24810	10	3400
11	10095	11	78435	11	14455	11	70575	11	42530
12	69820	12	1500	12	34698	12	915	12	85395
13	625	13	2300	13	932	13		13	60045
14	14990	14	1310	14	140185	14		14	12840
15	75	15	4715	15	41365	15		15	22705
16	3028	16	18180	16	89620	16		16	110
17	9212	17	540	17	77630	17		17	365
18	23730	18	3555	18	14530	18		18	5335
19	16765	19	15	19	17280	19		19	2615
20	355	20	71235	20	263230	20		20	45990
21	10	21	2430	21		21		21	290
22	10405	22	77855	22		22		22	42410
23	7953	23	18060	23		23		23	150045
24	11867	24	1345	24		24		24	49785
25	2985	25	1365	25		25		25	32940
26	7980	26	9180	26		26		26	62250
27	22960	27	11940	27		27		27	18625
28	7740	28	34260	28		28		28	1350
29	3445	29	1575	29		29		29	31810
30	1360	30	1335	30		30		30	139220
31	10755	31	120	31		31		31	16045
32	10770	32	1920	32		32		32	
33	53460	33	18090	33		33		33	
34	6960	34	9380	34		34		34	
35	18850	35	11395	35		35		35	
36	36590	36	8595	36		36		36	
37	4010	37	30210	37		37		37	
38	5650	38	47000	38		38		38	
39	7590	39	109510	39		39		39	
40	510	40		40		40		40	
41	86325	41		41		41		41	
42	35565	42		42		42		42	
43	16790	43		43		43		43	
44	25810	44		44		44		44	
45	279295	45		45		45		45	
46	1100	46		46		46		46	
47	9415	47		47		47		47	
48		48		48		48		48	
49		49		49		49		49	
50		50		50		50		50	

Tabel Waktu antar Kerusakan Mesin Timbangan (Lanjutan)

Timbangan 14		Timbangan 15		Timbangan 16		Timbangan 17			
No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)		
1	1000	1	41295	1	9180	1	190		
2	47525	2	48410	2	8370	2	243320		
3	18690	3	1100	3	48775	3	21380		
4	6445	4	25195	4	9875	4	8995		
5	12665	5	24440	5	37765	5	10		
6	39555	6	5450	6	4200	6	127175		
7	21600	7	11240	7	18545	7	46860		
8	6265	8	69790	8	39265	8	34395		
9	230	9	15455	9	46565	9	101040		
10	240	10	26060	10	7470	10	25680		
11	100550	11	1015	11	20100	11	73650		
12	1015	12	5680	12	41550	12	120		
13	21315	13	890	13	29010	13	82130		
14	18225	14	13330	14	23095	14	41040		
15	185170	15	43285	15	10415	15	83760		
16	17795	16	1925	16	4340	16			
17	2610	17	53875	17	12250	17			
18	5990	18	28905	18	3655	18			
19	7710	19	1130	19	6380	19			
20	4640	20	12870	20	1935	20			
21	12315	21	2070	21	147885	21			
22	440	22	9870	22	36070	22			
23	7380	23	3640	23	42395	23			
24	555	24	2870	24	14970	24			
25	5385	25	11490	25	52755	25			
26	4745	26	8155	26	4250	26			
27	111370	27	34685	27	48980	27			
28	165	28	40140	28	56950	28			
29	305	29	17025	29	13615	29			
30	35965	30	1705	30	15830	30			
31	13005	31	31490	31	67675	31			
32	52260	32	11540	32	450	32			
33	51070	33	14725	33	38445	33			
34	14880	34	30460	34	54295	34			
35	35450	35	24935	35	5510	35			
36	89955	36	9390	36	14985	36			
37	64725	37	3850	37	10875	37			
38		38	13355	38	670	38			
39		39	45	39	3660	39			
40		40	1435	40	59075	40			
41		41	2100	41	30090	41			
42		42	140435	42	12590	42			
43		43	171445	43	8335	43			
44		44	940	44		44			
45		45	8815	45		45			
46		46	255	46		46			
47		47		47		47			
48		48		48		48			
49		49		49		49			
50		50		50		50			

Tabel Waktu antar Kerusakan Mesin *Carosel*

Carosel 1		Carosel 1		Carosel 1		Carosel 2		Carosel 2	
No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)
1	1350	51	5800	101	45	1	1450	51	790
2	20025	52	7215	102	24555	2	2115	52	660
3	8175	53	5095	103	12105	3	29220	53	4045
4	39345	54	205	104	12345	4	4905	54	6710
5	670	55	475	105	4245	5	195	55	13290
6	13945	56	615	106	840	6	17470	56	20505
7	1495	57	27395	107	20325	7	1715	57	1620
8	15	58	22970	108	2325	8	3095	58	735
9	8550	59	3195	109	6690	9	5500	59	305
10	1065	60	3110	110	64650	10	30060	60	8165
11	2825	61	7130	111	8985	11	5160	61	13715
12	1255	62	3155	112	550	12	525	62	30240
13	8535	63	11435	113	860	13	1500	63	4850
14	10950	64	7230	114	1425	14	5180	64	27860
15	8550	65	23130	115	940	15	4840	65	13460
16	2570	66	6370	116	6110	16	7315	66	4165
17	3955	67	44260	117	3660	17	20	67	8005
18	530	68	6960	118	6745	18	5625	68	15215
19	6925	69	3190	119	1120	19	69270	69	29360
20	610	70	18385	120	16680	20	27330	70	35
21	16355	71	290	121	640	21	11535	71	445
22	1180	72	22815	122	18005	22	145	72	3235
23	4090	73	5445	123	7200	23	29230	73	16970
24	8155	74	13935	124	155	24	790	74	19030
25	4335	75	1490	125	4905	25	2140	75	41030
26	1445	76	20560	126	4305	26	11585	76	3530
27	335	77	34930	127	30215	27	6485	77	130
28	4805	78	200	128	1110	28	2760	78	10690
29	3780	79	420	129	405	29	6980	79	4380
30	700	80	810	130	85	30	1420	80	7265
31	45590	81	15	131	2020	31	1090	81	885
32	19975	82	10770	132	6545	32	715	82	7375
33	9210	83	1415			33	950	83	11905
34	26645	84	26375			34	445	84	4790
35	12645	85	3205			35	1500	85	2310
36	10005	86	45965			36	5740	86	13760
37	385	87	30180			37	7145	87	625
38	5165	88	15845			38	28745	88	810
39	60	89	700			39	1485	89	15120
40	1250	90	370			40	580	90	515
41	2405	91	5335			41	11650	91	930
42	2735	92	1590			42	2965	92	4275
43	60	93	720			43	4530	93	6655
44	10080	94	2745			44	3330	94	825
45	2100	95	3060			45	2940	95	1805
46	5820	96	390			46	8495	96	50410
47	520	97	5900			47	27325	97	1330
48	80	98	5230			48	4490	98	935
49	12925	99	5790			49	7995	99	220
50	4420	100	30120			50	615	100	75

Tabel Waktu antar Kerusakan Mesin *Carosel* (Lanjutan)

Carosel 2		Carosel 3		Carosel 3		Carosel 3		Carosel 4	
No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)
101	3225	1	845	51	3815	101	4185	1	9560
102	1510	2	215	52	23185	102	1540	2	43305
103	890	3	5375	53	16800	103	4235	3	6165
104	1855	4	4210	54	5880	104	125	4	2635
105	2205	5	1600	55	4905	105	33175	5	23880
106	6210	6	1930	56	57580	106	26790	6	9785
107	9640	7	210	57	20920	107	3290	7	9535
108	9425	8	630	58	65	108	9915	8	6985
109	20055	9	9120	59	7080	109	10345	9	1300
110	13095	10	9380	60	32505	110	43185	10	11755
111	7755	11	1755	61	28625	111	16960	11	2450
112	24825	12	32340	62	12450	112	240	12	375
113	2640	13	13210	63	12600	113	33195	13	32355
114	1730	14	550	64	56235	114	5360	14	45
115	5725	15	3575	65	3490	115	3330	15	6050
116	12945	16	165	66	1835	116	1455	16	1170
117	1090	17	1470	67	11550			17	4360
118	95	18	4680	68	6790			18	710
119	775	19	16760	69	8930			19	6790
120	1400	20	48640	70	2865			20	1680
121	2080	21	7275	71	27305			21	13785
122	2150	22	8150	72	1500			22	6935
123	2900	23	8575	73	21025			23	360
124	6970	24	3145	74	9280			24	14400
125	20455	25	24890	75	2420			25	15030
126	5765	26	5820	76	9130			26	30835
127	1010	27	20820	77	980			27	190
128	1440	28	21645	78	6255			28	13615
129	280	29	2560	79	4255			29	12190
130	12170	30	190	80	35			30	10680
131	10905	31	2355	81	34560			31	4755
132	2350	32	4990	82	25465			32	870
133	520	33	1430	83	12660			33	15
134	31675	34	4270	84	1890			34	475
135	12610	35	4380	85	11840			35	18205
136	16350	36	540	86	160			36	7120
137	2885	37	855	87	1265			37	6930
138	15455	38	695	88	750			38	79725
139	1160	39	1710	89	12210			39	785
140	1710	40	490	90	2820			40	30935
141	355	41	1420	91	33045			41	27210
142	2560	42	40	92	145			42	1645
143	320	43	150	93	2900			43	5810
		44	1290	94	8265			44	170
		45	10345	95	9015			45	17005
		46	22815	96	12580			46	1985
		47	23065	97	270			47	18240
		48	2765	98	1425			48	10660
		49	13005	99	55			49	17740
		50	7275	100	4315			50	26410



Tabel Waktu antar Kerusakan Mesin *Carosel* (Lanjutan)

Carosel 4		Carosel 4		Carosel 5		Carosel 5		Carosel 6	
No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)
51	4215	101	7925	1	7195	51	3105	1	16920
52	825	102	26610	2	30715	52	4515	2	1485
53	190	103	5910	3	120	53	24525	3	19200
54	1025	104	7225	4	61845	54	6960	4	1240
55	2335	105	11900	5	8175	55	10800	5	50
56	44380	106	135	6	18315	56	12635	6	24485
57	10060	107	19590	7	1455	57	24790	7	3935
58	15430	108	1895	8	1460	58	15770	8	23355
59	3230	109	6455	9	4680	59	18665	9	17045
60	2465	110	1420	10	31895	60	77950	10	20475
61	18435			11	560			11	28975
62	2435			12	1665			12	21505
63	15890			13	8875			13	25
64	5035			14	60600			14	41115
65	2990			15	18995			15	48210
66	12870			16	14910			16	625
67	11445			17	6480			17	22425
68	6665			18	9400			18	8615
69	2695			19	24950			19	14340
70	3915			20	3990			20	4275
71	10090			21	36355			21	18465
72	5			22	23940			22	10005
73	7845			23	9600			23	2790
74	2685			24	65			24	9040
75	13695			25	14295			25	41810
76	18630			26	12555			26	28800
77	3930			27	45145			27	4230
78	10215			28	11510			28	32470
79	3170			29	1315			29	16670
80	4235			30	4370			30	3800
81	1545			31	12965			31	33550
82	2065			32	2625			32	36075
83	6395			33	1705			33	2130
84	10			34	23615			34	33490
85	18735			35	5955			35	3155
86	1545			36	2185			36	6980
87	62645			37	25110			37	6020
88	1540			38	59490			38	80
89	67555			39	11770			39	14040
90	1450			40	17320			40	1595
91	1530			41	64795			41	1260
92	5			42	11480			42	2495
93	1499			43	4070			43	4725
94	8071			44	4725			44	255
95	1675			45	12895			45	810
96	4655			46	7935			46	9050
97	1280			47	17640			47	270
98	2815			48	26995			48	38860
99	29020			49	10930			49	20
100	12780			50	13340			50	61920

Tabel Waktu antar Kerusakan Mesin *Carosel* (Lanjutan)

Carosel 6		Carosel 7		Carosel 7		Carosel 8		Carosel 8	
No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)
51	430	1	2685	51	42495	1	37365	51	180
52	210	2	28230	52	6020	2	35945	52	210
53	1625	3	85	53	21330	3	110575	53	14535
54	195	4	2250	54	33520	4	23255	54	615
55	15865	5	33025	55	46575	5	840	55	355
56	8970	6	48740			6	5715	56	9845
57	20	7	5980			7	23335	57	19610
58	3950	8	10805			8	12920	58	24625
59	20485	9	28640			9	12700	59	54305
60	34335	10	820			10	27315	60	5785
61	8850	11	2180			11	32345	61	735
62	31730	12	69135			12	6990	62	3090
63	2690	13	60525			13	1455	63	6230
64	18305	14	11060			14	225	64	2450
65	715	15	3955			15	60	65	65180
66	24370	16	10875			16	1180	66	24540
67	55600	17	5285			17	5930	67	5670
68	8645	18	6160			18	490	68	36385
69	7540	19	1380			19	6800	69	70665
70	39105	20	75			20	5335		
71	35585	21	41660			21	8400		
72	21115	22	14135			22	21935		
73	500	23	9750			23	10300		
74	140	24	7910			24	7340		
75	10105	25	3575			25	1380		
76	1730	26	5645			26	28800		
77	5765	27	22535			27	250		
78	5625	28	66140			28	1235		
		29	29130			29	10475		
		30	8335			30	5230		
		31	6000			31	15960		
		32	18800			32	7745		
		33	900			33	1185		
		34	19730			34	4695		
		35	1420			35	15625		
		36	27360			36	5990		
		37	26635			37	295		
		38	38230			38	6285		
		39	14375			39	2575		
		40	80485			40	3560		
		41	6645			41	235		
		42	17155			42	35180		
		43	16355			43	7900		
		44	33320			44	10670		
		45	31660			45	37495		
		46	47390			46	46045		
		47	30			47	22865		
		48	4580			48	21140		
		49	305			49	285		
		50	19100			50	180		

Tabel Waktu antar Kerusakan Mesin *Carosel* (Lanjutan)

Carosel 9		Carosel 9		Carosel 10		Carosel 10		Carosel 10	
No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)
1	11490	51	5140	1	2825	51	7685	101	5220
2	71285	52	19120	2	3120	52	2458	102	165
3	30	53	300	3	11955	53	2817	103	6970
4	37440	54	160	4	1955	54	23015	104	7770
5	7875	55	3215	5	73390	55	1520	105	1080
6	9685	56	10890	6	4615	56	7195	106	1240
7	10235	57	7005	7	10535	57	710	107	12200
8	300	58	1755	8	6015	58	300	108	2735
9	430	59	4230	9	825	59	1180	109	195
10	1620	60	1950	10	3645	60	12915	110	760
11	17150	61	30585	11	270	61	9255	111	310
12	620	62	5415	12	8955	62	4905	112	17280
13	4390	63	6675	13	7185	63	9985	113	4660
14	15690	64	60	14	4445	64	215	114	8345
15	11280	65	4320	15	2770	65	62980	115	120
16	26310	66	5490	16	55880	66	12415	116	745
17	7470	67	17670	17	3040	67	11855	117	820
18	2450	68	34380	18	170	68	2065	118	13470
19	7130	69	105	19	8695	69	5065	119	8610
20	26410	70	8355	20	135	70	15150	120	76340
21	2860	71	1720	21	1260	71	23600	121	6750
22	1495	72	6410	22	645	72	63210		
23	16895	73	33070	23	56955	73	15310		
24	13040	74	20540	24	13410	74	15240		
25	5555	75	5575	25	3370	75	17340		
26	6285	76	21350	26	26360	76	22980		
27	10840	77	23115	27	2940	77	6030		
28	1960	78	18045	28	1270	78	4000		
29	24300	79	15	29	24495	79	1025		
30	7555	80	1200	30	5210	80	13335		
31	720	81	1015	31	6420	81	85		
32	13645	82	24485	32	2115	82	4340		
33	1320	83	3600	33	9445	83	12415		
34	4370	84	30990	34	1370	84	9140		
35	5320	85	10275	35	90	85	4320		
36	5755	86	36210	36	1125	86	470		
37	1840	87	25565	37	3150	87	12680		
38	870	88	49470	38	9085	88	15		
39	2115	89	18480	39	1815	89	40115		
40	16015	90	132580	40	590	90	2910		
41	5475	91		41	8370	91	4980		
42	110	92		42	6147	92	430		
43	2730	93		43	5583	93	12050		
44	130	94		44	5775	94	600		
45	1465	95		45	5735	95	6890		
46	5275	96		46	1510	96	10980		
47	4080	97		47	2310	97	5515		
48	36778	98		48	3030	98	6780		
49	7532	99		49	4800	99	720		
50	15370	100		50	2875	100	2800		

Tabel Waktu antar Kerusakan Mesin *Carosel* (Lanjutan)

Carosel 11		Carosel 11		Carosel 12		Carosel 13		Carosel 13	
No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)
51	7230	1	15390	1	159245	1	10455	51	2880
52	4230	2	470	2	38450	2	265	52	735
53	735	3	760	3	54280	3	2465	53	60
54	38705	4	150	4	1467	4	40	54	2615
55	35410	5	35	5	30633	5	4395	55	16590
56	47885	6	28440	6	31005	6	2570	56	935
57	3970	7	54150	7	705	7	31915	57	3800
58	2710	8	30660	8	60	8	17705	58	16905
59	245	9	4520	9	19800	9	955	59	6905
60	3345	10	465	10	175	10	5060	60	6210
61	1640	11	18985	11	760	11	10645	61	3815
62	6290	12	2275	12	4665	12	1695	62	1295
63	1260	13	11720	13	1775	13	5690	63	3515
64	24775	14	69030	14	4460	14	10	64	930
65	10880	15	0	15	16515	15	1530	65	1470
66	20620	16	435	16	21570	16	18400	66	360
67	4330	17	1185	17	19340	17	10750	67	55
68	2490	18	270	18	3230	18	1327	68	60
69	26550	19	7210	19	62450	19	12898	69	40
70	1500	20	110	20	4710	20	3415	70	955
71	12910	21	2825	21	139230	21	635	71	450
72	15	22	27835	22	770	22	1550	72	15
73	7095	23	8595	23	92200	23	3435	73	2085
74	4505	24	3750	24	15705	24	1580	74	120
75	43935	25	5820	25	24620	25	1355	75	12210
76	9330	26	1365	26	74065	26	1040	76	3050
77	7185	27	22520	27	10220	27	150	77	175
78	13030	28	1385	28	12210	28	1380	78	215
	2675	29	16540	29	10465	29	505	79	535
	8480	30	1990	30	3885	30	1250	80	810
	50530	31	1740	31	390	31	3365	81	590
	17430	32	2050	32	60	32	60	82	1765
	5765	33	2150	33	2130	33	3255	83	970
	80	34	3305	34	1675	34	670	84	495
	28785	35	1630	35	975	35	11215	85	50
	735	36	1575	36	540	36	1430	86	24365
	134460	37	14390	37	605	37	1685	87	770
	12800	38		38	135	38	15150	88	7910
	345	39		39	25020	39	4435	89	4205
	52315	40		40	2895	40	275	90	2850
	1175	41		41	2850	41	425	91	7235
	19465	42		42	1120	42	3275	92	3705
	46880	43		43	9815	43	1190	93	6365
	90	44		44	11295	44	880	94	3960
	945	45		45	15345	45	25	95	30
	660	46		46	5520	46	255	96	45
	13285	47		47	1220	47	280	97	3225
	4165	48		48	2365	48	680	98	21240
	5755	49		49	2465	49	20	99	10440
	670	50				50	1460	100	2835

Tabel Waktu antar Kerusakan Mesin *Carosel* (Lanjutan)

Carosel 13		Carosel 13		Carosel 14		Carosel 14		Carosel 15	
No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)
101	135	151	4350	1	1990	51	665	1	9315
102	2790	152	4300	2	42650	52	3450	2	2160
103	7140	153	725	3	10600	53	4450	3	39180
104	1595	154	8715	4	26690	54	2960	4	715
105	6770	155	10065	5	23130	55	30935	5	7680
106	3360	156	27905	6	8430	56	225	6	35
107	7035	157	2600	7	14540	57	46600	7	1640
108	21585	158	1790	8	6080	58	23970	8	4750
109	800	159	11830	9	58660	59	16065	9	2460
110	6555	160	21630	10	15	60	10065	10	5700
111	5655	161	30	11	26665	61	11805	11	40970
112	135	162	660	12	6770	62	12650	12	12120
113	6300	163	1410	13	9100	63	3130	13	13900
114	12985	164	25935	14	4390	64	545	14	725
115	7535	165	1500	15	5440	65	10990	15	35
116	6255	166	30825	16	2515	66	3690	16	60275
117	23685	167	21060	17	33845	67	76875	17	29640
118	12460	168	5960	18	15100	68	9885	18	1475
119	5835	169	2950	19	25185	69	13235	19	2245
120	1645	170	45455	20	1115	70	9375	20	8475
121	3430	171	9320	21	2905	71	17405	21	5910
122	25320	172	225	22	150	72	12025	22	10110
123	4155	173	135	23	830	73	3270	23	3580
124	20550	174	8320	24	2930	74	6865	24	28805
125	65	175	74230	25	48210	75	24255	25	46995
126	5260			26	60	76	6705	26	20580
127	975			27	12410	77	20875	27	2650
128	28810			28	26275	78	13035	28	3050
129	9635			29	3740	79	725	29	21090
130	3320			30	3600	80	300	30	3885
131	21245			31	4290	81	9060	31	135
132	15695			32	3500	82	44610	32	13950
133	735			33	5885	83	10770	33	9045
134	2870			34	17895	84	90	34	32710
135	5035			35	1260	85	2580	35	28440
136	650			36	36205	86	180	36	2695
137	16705			37	5125	87	10605	37	2710
138	645			38	41705			38	355
139	5800			39	16535			39	27225
140	680			40	755			40	7795
141	3585			41	6765			41	4880
142	13565			42	1245			42	4965
143	19670			43	3830			43	45850
144	42870			44	3280			44	9370
145	9650			45	3645			45	2085
146	370			46	13195			46	0
147	20			47	4100			47	84900
148	510			48	2670			48	1600
149	3345			49	13875			49	4515
150	4775			50	7195			50	6365

Tabel Waktu antar Kerusakan Mesin *Carosel* (Lanjutan)

Carosel 15		Carosel 16		Carosel 16		Carosel 16		Carosel 16	
No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)
51	1125	1	53295	51	855	101	1635	151	21970
52	55445	2	12535	52	3540	102	1910	152	575
53	2890	3	8085	53	6880	103	1030	153	960
54	5895	4	2465	54	1150	104	1420	154	1405
55	11880	5	45	55	4165	105	5245	155	2855
56	16790	6	17875	56	31695	106	210	156	580
57	1505	7	1305	57	7305	107	705	157	995
58	9215	8	2280	58	7130	108	890	158	565
59	530	9	23075	59	4045	109	1570	159	485
60	445	10	6215	60	2875	110	1640	160	260
61	3135	11	2900	61	33335	111	970		
62	16410	12	345	62	2385	112	470		
63	600	13	9025	63	4600	113	3835		
64	8060	14	300	64	36745	114	125		
65	1375	15	4175	65	3530	115	4355		
66	250	16	11645	66	1005	116	15080		
67	15075	17	10560	67	19285	117	10710		
68	8630	18	17230	68	42215	118	675		
69	60	19	35535	69	7385	119	1565		
70	12595	20	10110	70	10320	120	8580		
71	119890	21	785	71	8210	121	2875		
72	2830	22	745	72	3235	122	23130		
73	27375	23	3890	73	8475	123	8455		
74	85040	24	1760	74	3570	124	1070		
75	3850	25	540	75	4350	125	130		
76	15915	26	230	76	2150	126	370		
77	4660	27	390	77	10060	127	2065		
78	1365	28	31570	78	3085	128	870		
79	10085	29	8025	79	60	129	1245		
		30	25	80	5000	130	150		
		31	4870	81	10145	131	720		
		32	30	82	8900	132	2015		
		33	34080	83	720	133	900		
		34	8535	84	4260	134	7210		
		35	32010	85	100	135	2850		
		36	26200	86	2530	136	700		
		37	10520	87	7215	137	1465		
		38	9915	88	75	138	2160		
		39	30	89	920	139	650		
		40	3765	90	70	140	35		
		41	2850	91	1815	141	14120		
		42	57395	92	105	142	2850		
		43	25325	93	480	143	5095		
		44	7260	94	6860	144	840		
		45	695	95	250	145	150		
		46	4395	96	5340	146	510		
		47	3955	97	1900	147	915		
		48	1670	98	220	148	42500		
		49	150	99	4345	149	5955		
		50	555	100	33130	150	25		

Tabel Waktu antar Kerusakan Mesin *Carosel* (Lanjutan)

Carosel 17		Carosel 7							
No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)						
1	1905	51	270						
2	1460	52	65						
3	13655	53	49020						
4	6725	54	8565						
5	5855	55	1460						
6	44645	56	1020						
7	480	57	9020						
8	2360	58	35						
9	1125	59	975						
10	3970	60	25490						
11	5035	61	1600						
12	1440	62	1505						
13	50875	63	12875						
14	4935	64	435						
15	10320	65	17675						
16	6585	66	20050						
17	9330	67	12310						
18	30	68	4590						
19	9600	69	430						
20	1785	70	645						
21	1500	71	305						
22	9610	72	380						
23	14915	73	7575						
24	15	74	14015						
25	10110	75	11550						
26	1290	76	5560						
27	25960	77	320						
28	109545	78	34440						
29	40320	79	77985						
30	55780	80	5790						
31	13155	81	73275						
32	41165	82							
33	5030	83							
34	2830	84							
35	760	85							
36	2970	86							
37	4330	87							
38	6915	88							
39	62805	89							
40	5075	90							
41	6155	91							
42	8050	92							
43	12130	93							
44	30	94							
45	3095	95							
46	38950	96							
47	40	97							
48	26615	98							
49	10685	99							
50	15590	100							

Tabel Waktu antar Kerusakan Mesin Jahit

Mesin Jahit 1		Mesin Jahit 1		Mesin Jahit 1		Mesin Jahit 2		Mesin Jahit 2	
No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)
1	440	61	2210	121	325	1	1095	61	1870
2	275	62	1305	122	14605	2	14135	62	25310
3	1445	63	2215	123	1400	3	5200	63	775
4	2790	64	665	124	325	4	3450	64	17500
5	9635	65	9300	125	130	5	49920	65	625
6	4800	66	665	126	21505	6	87175	66	19210
7	780	67	1470	127	5940	7	18125	67	3850
8	560	68	25	128	11400	8	700	68	17495
9	700	69	3385	129	11550	9	1480	69	6110
10	11145	70	2345	130	690	10	1345	70	25325
11	425	71	5870	131	24455	11	150	71	70
12	20640	72	4975	132	865	12	3685	72	130
13	2485	73	2595	133	350	13	335	73	275
14	490	74	65	134	4175	14	3020	74	20
15	3815	75	23875	135	4575	15	2410	75	1180
16	55	76	24610	136	4775	16	320	76	240
17	95	77	60	137	115	17	19795	77	6380
18	585	78	15	138	345	18	220	78	11365
19	585	79	15110	139	995	19	2705	79	19765
20	745	80	3805	140	24810	20	450	80	25655
21	40445	81	1880	141	3030	21	4460	81	5840
22	13595	82	9210	142	15990	22	1330	82	2235
23	20040	83	10235	143	600	23	55	83	110
24	4685	84	25900	144	5785	24	135	84	140
25	15515	85	12510	145	200	25	200	85	6780
26	130	86	1775	146	2590	26	3485	86	2115
27	2225	87	22700	147	4610	27	95	87	710
28	19100	88	125	148	130	28	30	88	5365
29	975	89	4620	149	1025	29	990	89	26625
30	7825	90	25055	150	420	30	5085	90	3820
31	8390	91	90	151	1275	31	18725	91	3465
32	4735	92	4485	152	4050	32	5755	92	1760
33	15	93	530	153	2205	33	3695	93	570
34	50	94	785	154	950	34	15765	94	9015
35	12695	95	37590	155	320	35	835	95	9465
36	8495	96	690	156	1550	36	1700	96	28090
37	680	97	29170	157	3620	37	9540	97	3605
38	760	98	43470	158	3100	38	16490	98	8375
39	1015	99	80925	159	23475	39	18240	99	1045
40	6140	100	14075	160	4095	40	765	100	720
41	7540	101	10920	161	1650	41	5935	101	2610
42	1900	102	7125	162	220	42	715	102	2780
43	4665	103	660	163	3155	43	485	103	8880
44	7385	104	75	164	40645	44	1200	104	490
45	305	105	1500	165	8840	45	220	105	11875
46	200	106	25	166	45	46	80	106	50
47	1065	107	10220	167	3345	47	3540	107	75
48	6895	108	540	168	4235	48	3475	108	80
49	3480	109	18235	169	3745	49	12815	109	1045
50	965	110	5440	170	620	50	345	110	3555
51	435	111	820	171	1135	51	5015	111	3780
52	4035	112	1280	172	3490	52	10770	112	790
53	20	113	7800	173	9845	53	700	113	22295
54	4470	114	11740	174	16770	54	55	114	6675
55	4415	115	3660	175	495	55	4300	115	14890
56	80	116	390			56	1080	116	5690
57	430	117	4700			57	32095	117	13980
58	6645	118	2020			58	16530	118	1090
59	13120	119	2875			59	13560	119	1265
60	2220	120	3740			60	80880	120	4495



Tabel Waktu antar Kerusakan Mesin Jahit (Lanjutan)

Mesin Jahit 2		Mesin Jahit 3		Mesin Jahit 3		Mesin Jahit 4		Mesin Jahit 4	
No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)
121	530	1	4265	61	1885	1	20	61	2230
122	245	2	15485	62	7420	2	470	62	3695
123	165	3	880	63	145	3	665	63	3400
124	145	4	150	64	835	4	1560	64	210
125	455	5	405	65	2190	5	705	65	970
126	410	6	390	66	40820	6	3565	66	1460
127	305	7	240	67	3985	7	13405	67	60
128	720	8	21220	68	9930	8	3970	68	8340
129	705	9	4965	69	955	9	4695	69	7840
130	12300	10	5295	70	74700	10	31500	70	265
131	9015	11	100	71	7175	11	17045	71	36580
132	190	12	1240	72	15090	12	14630	72	580
133	1520	13	15	73	1815	13	8340	73	1255
134	5075	14	690	74	895	14	300	74	1660
135	670	15	55	75	20	15	410	75	4380
136	30	16	365	76	1530	16	2470	76	6485
137	980	17	30	77	9955	17	1440	77	5205
138	6270	18	32605	78	10655	18	0	78	2045
139	6890	19	42545	79	1080	19	3440	79	8705
140	7550	20	1200	80	8625	20	0	80	58245
141	855	21	10905	81	705	21	4810	81	12465
142	525	22	905	82	2665	22	65	82	5570
143	985	23	65	83	1495	23	1690	83	13510
144	6080	24	515	84	370	24	930	84	6530
145	4175	25	3060	85	13500	25	540	85	4145
146	25550	26	18420	86	5695	26	890	86	18725
147	620	27	38490	87	10085	27	1855	87	860
148	645	28	5955	88	1815	28	1650	88	5890
149	25	29	9330	89	1755	29	1565	89	36155
150	81440	30	4125	90	16290	30	750	90	5635
151	1375	31	745	91	1455	31	20350	91	2140
152	4895	32	725	92	150	32	95	92	2120
153	1665	33	600	93	1590	33	9995	93	115
		34	53305	94	32760	34	150	94	845
		35	65	95	14430	35	190	95	2695
		36	7020	96	315	36	910	96	1655
		37	10060	97	3810	37	7680	97	4060
		38	33500	98	76700	38	1185	98	3560
		39	35765	99	13015	39	6320	99	2220
		40	630	100	1035	40	5200	100	680
		41	10585	101	43170	41	2670	101	7160
		42	8910	102	13520	42	235	102	3650
		43	75	103	33720	43	3105	103	385
		44	2340	104	3320	44	17154	104	5180
		45	1605	105	290	45	30721	105	21825
		46	330	106	10060	46	2255	106	3255
		47	3420	107	6540	47	560	107	6790
		48	15	108	29440	48	8400	108	450
		49	565	109	4460	49	1085	109	1385
		50	26310	110	57980	50	1930	110	11400
		51	2510	111	915	51	1735	111	7660
		52	240	112	10035	52	2245	112	15700
		53	1395	113	920	53	720	113	585
		54	2955	114	6405	54	340	114	4040
		55	38880	115		55	260	115	15595
		56	8890	116		56	2955	116	21390
		57	8420	117		57	2380	117	1615
		58	730	118		58	4495	118	525
		59	785	119		59	37610	119	300
		60	16295	120		60	10735	120	2730

Tabel Waktu antar Kerusakan Mesin Jahit (Lanjutan)

Mesin Jahit 4		Mesin Jahit 5		Mesin Jahit 5		Mesin Jahit 6		Mesin Jahit 6	
No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)
121	4860	1	810	61	1105	1	14530	61	400
122	150	2	805	62	545	2	42145	62	300
123	5910	3	620	63	27540	3	1060	63	2850
124	3825	4	1590	64	50	4	24015	64	1180
125	1995	5	8640	65	1330	5	9885	65	31320
126	770	6	2190	66	28455	6	9240	66	12990
127	3410	7	2115	67	4245	7	42960	67	4930
128	120	8	37270	68	105	8	475	68	6030
129	7970	9	1995	69	19470	9	14395	69	3045
130	810	10	1685	70	9180	10	12430	70	690
131	460	11	2235	71	22360	11	390	71	7435
132	2960	12	4260	72	16580	12	22530	72	3020
133	735	13	2820	73	2175	13	38620	73	740
134	1395	14	12780	74	255	14	1730		
135	2955	15	2450	75	135	15	5880		
136	765	16	640	76	405	16	2780		
137	350	17	6025	77	3255	17	1870		
138	16145	18	8455	78	855	18	6465		
139	12230	19	60	79	615	19	16295		
140	15870	20	6495	80	3140	20	1650		
141	400	21	69115	81	3520	21	15550		
142	240	22	39475	82	37520	22	76030		
143	62720	23	20	83	1490	23	59690		
144	12195	24	4225	84	1130	24	29590		
145	66450	25	16160	85	130	25	1280		
146	13740	26	1225	86	130	26	20800		
147	8610	27	695	87	2405	27	22550		
148	12690	28	3630	88	1145	28	7875		
149	32360	29	18660	89	23770	29	7685		
150	2935	30	20	90	655	30	1655		
151	15735	31	11530	91	1465	31	76400		
152	6140	32	4370	92	9480	32	17855		
153	12085	33	40	93	26840	33	41700		
154	43485	34	750	94	55740	34	39770		
155	2460	35	1410	95	7470	35	1750		
156	14130	36	18705	96	16335	36	6120		
157	975	37	690	97	3995	37	79870		
158	265	38	615	98	335	38	20805		
159	1710	39	20990	99	1560	39	555		
160	8180	40	5770	100	128685	40	44190		
161	1440	41	150	101	8845	41	5645		
162	745	42	7770	102	52435	42	1445		
		43	28030	103	13630	43	4440		
		44	740	104	3430	44	11585		
		45	9390	105	24085	45	11595		
		46	1440	106	295	46	350		
		47	13975	107	280	47	10560		
		48	10400	108	2405	48	43675		
		49	25710	109	20655	49	8505		
		50	12480	110	4860	50	150		
		51	2855	111	8670	51	1380		
		52	2260	112	7290	52	8010		
		53	38820	113	8800	53	1590		
		54	2095	114	1870	54	8685		
		55	16580	115	1150	55	11685		
		56	9910	116	1365	56	155		
		57	445			57	2265		
		58	40			58	27420		
		59	55			59	44305		
		60	1205			60	1785		

Tabel Waktu antar Kerusakan Mesin Jahit (Lanjutan)

Mesin Jahit 7		Mesin Jahit 7		Mesin Jahit 7		Mesin Jahit 8		Mesin Jahit 8	
No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)
1	5680	51	530	121	3030	1	10660	61	435
2	5830	52	865	122	26350	2	1340	62	7130
3	460	53	3610	123	26160	3	115	63	2890
4	1370	54	12420	124	2960	4	55	64	765
5	480	55	16385	125	22290	5	2885	65	645
6	5520	56	15	126	3870	6	19505	66	45
7	1680	57	6725	127	25305	7	1790	67	1995
8	690	58	115	128	3160	8	3585	68	1380
9	1710	59	420	129	8995	9	2895	69	32175
10	3615	60	125	130	300	10	2720	70	3405
11	255	61	140	131	44785	11	905	71	1440
12	4850	62	710	132	4945	12	6045	72	2180
13	1415	63	5790	133	42590	13	2835	73	14455
14	38880	64	19685	134	5440	14	3400	74	3740
15	4260	65	5560	135	1030	15	305	75	19870
16	3710	66	15835	136	15010	16	3420	76	15715
17	5005	67	13195	137	8375	17	1075	77	24175
18	11435	68	3295	138	6045	18	6200	78	2940
19	2935	69	8920	139	9450	19	29465	79	6120
20	610	70	21215	140	3505	20	520	80	5
21	12390	71	3280			21	1740	81	3320
22	10	72	230			22	19500	82	45
23	7545	73	1325			23	20	83	190
24	15	74	11920			24	815	84	3425
25	1485	75	2850			25	485	85	15
26	2310	76	1615			26	620	86	210
27	3725	77	3900			27	325	87	2760
28	15120	78	515			28	1705	88	8385
29	1620	79	110			29	-235	89	8775
30	225	80	1430			30	1245	90	1770
31	7790	81	35205			31	1155	91	15120
32	395	82	3115			32	2085	92	1785
33	19170	83	35050			33	30	93	1700
34	59175	84	14455			34	990	94	475
35	14590	85	13330			35	1195	95	11920
36	5825	86	36760			36	3170	96	1665
37	7100	87	6795			37	1025	97	5440
38	9340	88	5940			38	125	98	28005
39	21680	89	20340			39	250	99	480
40	7055	90	12385			40	520	100	3610
41	16970	91	28455			41	1980	101	14070
42	115	92	13460			42	1355	102	1070
43	290	93	2070			43	220	103	20
44	6320	94	2190			44	150	104	6935
45	7260	95	2790			45	3500	105	7150
46	1570	96	180			46	20415	106	2645
47	2170	97	9715			47	250	107	4650
48	1880	98	55			48	12655	108	45
49	280	99	10230			49	13070	109	6480
50	1205	100	11650			50	9720	110	13590
51	785	101	7865			51	10815	111	14910
52	550	102	635			52	1855	112	8655
53	1755	103	560			53	18520	113	8430
54	24690	104	5705			54	1400	114	9590
55	4495	105	33535			55	3040	115	505
56	380	106	1920			56	1105	116	1080
57	740	107	6385			57	3975	117	8385
58	25	108	2135			58	1920	118	385
59	125	109	7210			59	120	119	18425
60	7060	110	140			60	3900	120	23225

Tabel Waktu antar Kerusakan Mesin Jahit (Lanjutan)

Mesin Jahit 8		Mesin Jahit 9		Mesin Jahit 9		Mesin Jahit 9		Mesin Jahit 10	
No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)
121	2395	1	12590	61	1110	121	8430	1	120
122	8810	2	1055	62	2815	122	15735	2	1560
123	930	3	120	63	90	123	7995	3	26730
124	130	4	5580	64	26275	124	120	4	2720
125	18060	5	15	65	11590	125	2770	5	530
126	355	6	45410	66	1155	126	15045	6	21140
127	135	7	670	67	15280	127	755	7	5230
128	1130	8	3120	68	2930	128	2060	8	6375
129	550	9	2635	69	15045	129	1815	9	830
130	8080	10	4295	70	29680	130	385	10	555
131	7520	11	18870	71	530	131	80	11	3510
132	12420	12	585	72	3030	132	4280	12	1510
133	3410	13	7090	73	5490	133	1420	13	11115
134	2775	14	2390	74	480	134	9775	14	12725
135	11830	15	2870	75	22430	135	205	15	6900
136	1945	16	1570	76	9085	136	1440	16	160
137	1105	17	8660	77	5675	137	1440	17	9155
138	6065	18	8030	78	1910	138	2220	18	220
139	43145	19	425	79	42275	139	25190	19	9390
140	4930	20	1680	80	3795	140	60	20	2030
141	4215	21	8450	81	135	141	2950	21	45
142	13690	22	6335	82	975	142	18695	22	4320
143	30110	23	3635	83	210	143	10745	23	3705
144	24790	24	6075	84	1230	144	15785	24	620
145	39240	25	14200	85	16440	145	95785	25	2305
146	101305	26	2795	86	900	146	1175	26	3625
147	16530	27	13740	87	4140	147	8265	27	4405
148	59060	28	2765	88	7250	148	4570	28	2440
149	15165	29	15145	89	45	149	2250	29	17250
150	10650	30	1410	90	115	150	60045	30	6030
		31	7165	91	1280	151	1905	31	19375
		32	2285	92	12820	152	710	32	5770
		33	30	93	840	153	8910	33	55
		34	17905	94	25410	154	2990	34	640
		35	1190	95	3835	155	5585	35	65
		36	275	96	11855			36	760
		37	3745	97	3560			37	25
		38	16115	98	3560			38	425
		39	1730	99	20380			39	4340
		40	39470	100	18575			40	695
		41	24935	101	120			41	100
		42	16485	102	1235			42	265
		43	4230	103	210			43	2715
		44	575	104	11370			44	530
		45	3000	105	40			45	1490
		46	8625	106	4295			46	365
		47	20	107	3075			47	280
		48	110	108	1170			48	25
		49	1895	109	525			49	1180
		50	18065	110	315			50	255
		51	5970	111	1930			51	3065
		52	1180	112	3020			52	825
		53	650	113	8850			53	2925
		54	2715	114	5075			54	7330
		55	175	115	3085			55	5480
		56	2480	116	255			56	725
		57	20	117	2235			57	535
		58	520	118	205			58	1275
		59	3625	119	8200			59	385
		60	4865	120	3375			60	1550

Tabel Waktu antar Kerusakan Mesin Jahit (Lanjutan)

Mesin Jahit 10		Mesin Jahit 10		Mesin Jahit 10		Mesin Jahit 10		Mesin Jahit 11	
No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)
61	16920	121	1290	181	20	241	5085	1	17080
62	210	122	14140	182	6160	242	4450	2	77445
63	5100	123	390	183	2895	243	9845	3	51575
64	1780	124	1980	184	3860			4	4145
65	10	125	2140	185	30			5	3365
66	9010	126	16025	186	8505			6	3560
67	2980	127	705	187	3225			7	41580
68	20	128	12510	188	2490			8	23035
69	905	129	675	189	2030			9	12415
70	4285	130	3740	190	4595			10	1865
71	2865	131	625	191	2180			11	93620
72	2485	132	8370	192	745			12	27435
73	1115	133	1800	193	185			13	5040
74	1125	134	1065	194	18540			14	20730
75	23655	135	2430	195	21565			15	2565
76	975	136	825	196	4175			16	5550
77	550	137	6825	197	2000			17	10350
78	5900	138	390	198	3810			18	5500
79	630	139	205	199	2650			19	4890
80	4405	140	5040	200	1185			20	193055
81	1120	141	1440	201	34405			21	775
82	1810	142	1240	202	980			22	58115
83	14070	143	16400	203	1410			23	12060
84	465	144	10190	204	2595			24	37700
85	1200	145	9310	205	5060			25	4775
86	855	146	15080	206	1315			26	29635
87	630	147	33025	207	870			27	5270
88	195	148	240	208	37435			28	14390
89	1440	149	3095	209	9350			29	16275
90	240	150	175	210	1270			30	1385
91	1200	151	8895	211	920			31	965
92	15140	152	15	212	11580			32	1420
93	19145	153	8370	213	5010			33	7685
94	12605	154	210	214	9255			34	72360
95	11455	155	785	215	145			35	710
96	9675	156	190	216	20120			36	161670
97	1715	157	7720	217	825			37	7020
98	3510	158	475	218	1275			38	2570
99	3525	159	1670	219	1020			39	67660
100	0	160	1465	220	8760			40	
101	51145	161	2690	221	1785			41	
102	15125	162	185	222	600			42	
103	7685	163	925	223	1065			43	
104	170	164	400	224	1075			44	
105	5195	165	11320	225	130			45	
106	1855	166	1220	226	2180			46	
107	1000	167	11330	227	670			47	
108	280	168	1905	228	30			48	
109	10935	169	280	229	680			49	
110	2940	170	720	230	295			50	
111	260	171	1695	231	435			51	
112	1165	172	10885	232	14340			52	
113	155	173	1320	233	4365			53	
114	4085	174	290	234	12695			54	
115	4715	175	10180	235	220			55	
116	1170	176	505	236	11435			56	
117	2880	177	35	237	545			57	
118	1395	178	310	238	750			58	
119	165	179	2770	239	9555			59	
120	1970	180	15235	240	60			60	

Tabel Waktu antar Kerusakan Mesin Jahit (Lanjutan)

Mesin Jahit 12		Mesin Jahit 13		Mesin Jahit 13		Mesin Jahit 13		Mesin Jahit 3	
No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)
1	78530	1	7460	61	890	121	955	181	830
2	46660	2	4125	62	2835	122	110	182	505
3	20	3	2810	63	4185	123	165	183	8665
4	20825	4	7245	64	1250	124	3240	184	1285
5	485	5	840	65	1810	125	2430	185	26130
6	56510	6	520	66	4875	126	490	186	5070
7	81385	7	4280	67	3765	127	585	187	2370
8	35	8	7240	68	590	128	100	188	1710
9	140740	9	95	69	1190	129	550	189	3145
10	9000	10	725	70	13295	130	65	190	1685
11	40850	11	24920	71	5430	131	90	191	360
12	1535	12	255	72	3975	132	35	192	160
13	4800	13	6355	73	5960	133	4315	193	1460
14	1185	14	19410	74	1410	134	40	194	1595
15	75	15	7995	75	30	135	715	195	495
16	6920	16	6815	76	100	136	2725	196	400
17	56955	17	2255	77	210	137	5805	197	25035
18	10275	18	10	78	120	138	16335	198	2685
19	2685	19	4710	79	500	139	160	199	22980
20	90600	20	510	80	55	140	9715	200	13000
21	55	21	150	81	1320	141	535	201	2420
22	610	22	7620	82	9035	142	205	202	1635
23	13580	23	270	83	110	143	460	203	225
24	900	24	930	84	1685	144	350	204	18110
25	5015	25	2550	85	2355	145	2460	205	4995
26	1940	26	1855	86	12590	146	1575	206	1970
27	44200	27	235	87	1015	147	13270	207	930
28	12745	28	2060	88	4420	148	200	208	155
29	15095	29	1300	89	80	149	2525	209	1100
30	190	30	1185	90	930	150	13195	210	12105
31	1755	31	5190	91	615	151	6655	211	23695
32	3155	32	15845	92	135	152	515	212	350
33	990	33	1310	93	190	153	330	213	160
34		34	7085	94	965	154	685	214	315
35		35	2305	95	1320	155	35	215	5280
36		36	2040	96	8475	156	2790	216	13950
37		37	2035	97	705	157	120	217	115
38		38	605	98	40	158	320	218	820
39		39	2820	99	1005	159	26170	219	240
40		40	2810	100	485	160	4265	220	1495
41		41	460	101	3180	161	1995	221	3220
42		42	2190	102	280	162	280	222	165
43		43	1410	103	26015	163	1520	223	110
44		44	690	104	155	164	4970	224	810
45		45	10510	105	1070	165	425	225	745
46		46	10340	106	500	166	2885	226	9005
47		47	2110	107	720	167	15120	227	5780
48		48	1240	108	235	168	1015	228	15
49		49	1690	109	455	169	15300	229	4065
50		50	18090	110	4495	170	615	230	3475
51		51	16560	111	660	171	175	231	4160
52		52	535	112	605	172	205	232	70
53		53	795	113	60	173	7495	233	9255
54		54	6885	114	145	174	2855	234	5765
55		55	1165	115	1310	175	1350	235	110
56		56	1280	116	15	176	11660	236	2915
57		57	1600	117	115	177	7390	237	2860
58		58	1610	118	225	178	1210	238	2010
59		59	4340	119	710	179	680	239	7295
60		60	3220	120	180	180	695	240	645

Tabel Waktu antar Kerusakan Mesin Jahit (Lanjutan)

Mesin Jahit 13		Mesin Jahit 14		Mesin Jahit 14		Mesin Jahit 15		Mesin Jahit 15	
No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)
241	20715	1	1100	61	19445	1	12985	61	13050
242	9320	2	11880	62	4360	2	5760	62	14325
243	1645	3	10460	63	6480	3	9980	63	14730
244	1500	4	2508	64	1340	4	36145	64	135
245	1920	5	13352	65	28870	5	1605	65	140
246	3465	6	710	66	7105	6	15	66	1070
247	1925	7	485	67	19565	7	12110	67	290
248	1110	8	55	68	3620	8	15250	68	1170
249	8185	9	865	69	31575	9	1910	69	8380
250	6755	10	7535	70	1195	10	640	70	74960
251	4760	11	2780	71	3280	11	1605	71	31910
252	5	12	4990	72	3380	12	3375	72	53685
253	4575	13	11400	73	22525	13	1600	73	1040
254	4075	14	8795	74	10615	14	12345	74	13480
255	695	15	30	75	2320	15	430	75	11170
256	480	16	2865	76	1160	16	60	76	45
257	19400	17	20	77	1440	17	1070	77	60
258	5950	18	115	78	3190	18	1220	78	845
259	2840	19	185	79	2100	19	15	79	1250
260	4510	20	7020	80	9420	20	9460	80	5330
261	7080	21	21615	81	12045	21	1245	81	2055
262	5415	22	120	82	13515	22	3575	82	7155
263	15	23	10	83	960	23	3595	83	285
264	1015	24	10	84	50	24	30	84	270
265	195	25	6945	85	20640	25	5	85	90
266	620	26	1165	86	10315	26	15935	86	2760
267	1465	27	330	87	3635	27	9985	87	12615
268	7925	28	570	88	1870	28	700	88	1665
269	4300	29	2575	89	285	29	155	89	5405
270	10085	30	365	90	19310	30	360	90	5890
271	790	31	15245	91	14570	31	18370	91	430
272	7800	32	3085	92	11330	32	155	92	4305
273	9450	33	5730	93	13695	33	375	93	850
274	7165	34	1465	94	16695	34	240	94	9745
275	4195	35	1605	95	34095	35	9895	95	7725
276	3005	36	17540	96	15990	36	18760	96	745
277	4005	37	840	97	10915	37	9610	97	680
278	29135	38	1755	98	24455	38	9495	98	7465
279	5300	39	18135	99	4215	39	11940	99	1100
280	1905	40	785	100	1955	40	615	100	8200
281	9785	41	780	101	2940	41	1515	101	1360
282	4645	42	30700	102	5900	42	6705	102	1965
283	11520	43	225	103	3100	43	320	103	105
284	135	44	2215	104	80	44	12970	104	18765
285	2965	45	710	105	61220	45	30	105	935
286	210	46	3710	106	61210	46	30	106	2785
287	8810	47	5110	107	41790	47	115	107	5040
288	6240	48	39470	108	14030	48	15690	108	5075
289	1125	49	2045	109	6120	49	7235	109	11280
290	105	50	730	110	23010	50	25230	110	1370
291	4870	51	70	111	31695	51	2910	111	870
		52	13410	112	220	52	705	112	590
		53	475	113	185	53	5745	113	49880
		54	5480	114	195	54	2390	114	135450
		55	1560	115	2775	55	2740	115	20125
		56	2540	116		56	23705	116	7925
		57	7510	117		57	9955	117	99770
		58	12540	118		58	165	118	47765
		59	11970	119		59	2350	119	10860
		60	10755	120		60	4715	120	3480

Tabel Waktu antar Kerusakan Mesin Jahit (Lanjutan)

Mesin Jahit 16		Mesin Jahit 16		Mesin Jahit 16		Mesin Jahit 16		Mesin Jahit 17	
No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)
1	2010	61	225	121	660	181	235	1	1150
2	2515	62	6195	122	2205			2	29620
3	55	63	5555	123	1245			3	14970
4	305	64	1405	124	2930			4	20
5	7670	65	165	125	185			5	8970
6	620	66	165	126	11940			6	1280
7	2695	67	5025	127	29045			7	330
8	2900	68	44565	128	9480			8	40115
9	2025	69	685	129	28475			9	575
10	240	70	1445	130	4685			10	24300
11	260	71	6555	131	4940			11	6510
12	3880	72	4590	132	1440			12	8400
13	4320	73	1010	133	17995			13	55035
14	175	74	3145	134	4385			14	18070
15	780	75	1450	135	300			15	9590
16	1865	76	15810	136	90			16	21400
17	195	77	6150	137	6700			17	16325
18	20745	78	1710	138	4490			18	840
19	70	79	1835	139	9275			19	15000
20	920	80	100	140	60			20	15980
21	570	81	905	141	910			21	18605
22	50	82	835	142	15			22	1420
23	865	83	1940	143	14410			23	1305
24	24575	84	85	144	2630			24	5725
25	35765	85	1195	145	7005			25	23295
26	36845	86	1070	146	2830			26	9850
27	31130	87	3950	147	3195			27	5360
28	47240	88	1985	148	1285			28	10820
29	2150	89	27725	149	100			29	17890
30	3650	90	65	150	405			30	16140
31	1060	91	545	151	155			31	9000
32	495	92	250	152	740			32	1050
33	1925	93	2750	153	4125			33	4530
34	850	94	840	154	6715			34	15430
35	3605	95	935	155	2675			35	41805
36	35	96	1305	156	1700			36	2060
37	7910	97	8300	157	6440			37	18825
38	2160	98	240	158	2910			38	3475
39	230	99	295	159	7225			39	6950
40	510	100	865	160	745			40	58635
41	2065	101	13670	161	3350			41	255
42	1340	102	300	162	585			42	4485
43	20	103	725	163	20055			43	14935
44	1500	104	1870	164	28500			44	1235
45	755	105	830	165	17585			45	9195
46	23760	106	1335	166	18455			46	290
47	77130	107	270	167	245			47	1000
48	10095	108	12300	168	7095			48	161415
49	1380	109	3940	169	58620			49	850
50	765	110	13280	170	6900			50	42490
51	425	111	6225	171	1950			51	21175
52	7445	112	3765	172	3575			52	27715
53	5140	113	8910	173	22395			53	18795
54	16075	114	600	174	3195			54	28165
55	1020	115	11760	175	2655			55	63570
56	5190	116	5420	176	1825			56	15590
57	2580	117	2200	177	2445			57	114390
58	9595	118	415	178	2940			58	1360
59	645	119	2495	179	560				
60	3710	120	630	180	30510				



Tabel Waktu antar Kerusakan Mesin Jahit (Lanjutan)

Benang Putus		Benang Putus		Benang Putus		Benang Putus		Benang Putus	
No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)
1	5100	61	9995	121	17790	181	31175	241	55720
2	5155	62	10095	122	17855	182	31715	242	56155
3	5190	63	10125	123	17890	183	31860	243	56510
4	5200	64	10800	124	18190	184	31910	244	58315
5	5225	65	10830	125	18200	185	33230	245	60960
6	5245	66	10905	126	18350	186	33275	246	61205
7	5245	67	10930	127	18425	187	33540	247	62605
8	5265	68	11145	128	18605	188	33725	248	63565
9	5290	69	11205	129	18725	189	34185	249	63605
10	5440	70	11275	130	18925	190	34815	250	63735
11	5565	71	11280	131	19365	191	34890	251	63800
12	5745	72	11400	132	19400	192	36040	252	65080
13	5780	73	11490	133	19565	193	36150	253	65145
14	5825	74	11710	134	19625	194	36290	254	65775
15	5880	75	11760	135	19700	195	36460	255	67220
16	5950	76	11830	136	19860	196	36520	256	68020
17	6045	77	12060	137	19970	197	36960	257	68205
18	6140	78	12300	138	20160	198	37095	258	68820
19	6150	79	12585	139	20240	199	37385	259	69790
20	6195	80	12605	140	20375	200	37725	260	70590
21	6320	81	12770	141	20445	201	37865	261	71075
22	6395	82	12945	142	20740	202	38915	262	73275
23	6410	83	12980	143	20940	203	39090	263	73970
24	6530	84	12985	144	21405	204	39725	264	74940
25	6635	85	13335	145	21465	205	40700	265	75675
26	7190	86	13375	146	21490	206	40850	266	76130
27	7290	87	13860	147	21570	207	40910	267	76400
28	7495	88	14175	148	21655	208	41115	268	77030
29	7505	89	14235	149	22225	209	41655	269	77540
30	7520	90	14305	150	22375	210	41700	270	78345
31	7620	91	14505	151	22445	211	42240	271	80210
32	7680	92	14525	152	22495	212	42475	272	80865
33	8055	93	14530	153	22720	213	42525	273	81175
34	8115	94	14590	154	23040	214	42905	274	81870
35	8185	95	14830	155	23205	215	42960	275	82695
36	8300	96	14870	156	23225	216	43160	276	82940
37	8370	97	15000	157	23655	217	43185	277	83415
38	8400	98	15055	158	23830	218	43290	278	83810
39	8495	99	15110	159	24240	219	43515	279	85340
40	8520	100	15180	160	24860	220	43855	280	85965
41	8590	101	15205	161	24865	221	43980	281	86010
42	8720	102	15300	162	24920	222	44185	282	88530
43	8775	103	15430	163	25080	223	45495	283	88820
44	8810	104	15515	164	25350	224	46040	284	90655
45	8815	105	15560	165	25825	225	46070	285	90655
46	8850	106	15980	166	26320	226	46390	286	91610
47	8880	107	16025	167	26670	227	47875	287	92345
48	8910	108	16325	168	27245	228	48285	288	93410
49	9000	109	16580	169	27370	229	49590	289	93450
50	9150	110	16580	170	27720	230	50350	290	94410
51	9150	111	16710	171	27830	231	50600	291	94425
52	9240	112	16920	172	27905	232	50725	292	95210
53	9340	113	16930	173	27965	233	51010	293	96960
54	9635	114	16995	174	28170	234	51045	294	97070
55	9745	115	17080	175	28375	235	53370	295	99185
56	9760	116	17260	176	28845	236	53630		
57	9840	117	17335	177	29020	237	54350		
58	9850	118	17365	178	29400	238	54720		
59	9885	119	17495	179	30005	239	55165		
60	9980	120	17550	180	30700	240	55395		

Tabel Waktu antar Kerusakan Mesin Jahit (Lanjutan)

Gunting Tumpul		Gunting Tumpul		Gunting Tumpul		Jarum Patah		Penjepit Kantong	
No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)
1	20115	61	90620	121	392020	1	14580	1	3050
2	20125	62	90755	122	399490	2	28390	2	3095
3	20200	63	91175	123	526910	3	35445	3	3150
4	20570	64	91395	124	625185	4	42485	4	3225
5	20690	65	92525	125	166805	5	47240	5	3255
6	21580	66	92800	126	169800	6	63025	6	3270
7	22290	67	95625	127	170665	7	66490	7	3305
8	23005	68	97320	128	175665	8	83515	8	3330
9	23060	69	97800	129	176440	9	92205	9	3345
10	23565	70	106250	130	179100	10	94140	10	3430
11	23605	71	108335	131	192365	11	94205	11	3435
12	23645	72	112325	132	195705	12	94500	12	3490
13	23810	73	115180	133	195720	13	107120	13	3515
14	24285	74	116725	134	199440	14	108835	14	3545
15	24395	75	120715	135	213180	15	119475	15	3560
16	24415	76	121675	136	216830	16	123240	16	3600
17	25140	77	122340	137	217465	17	143305	17	3675
18	26090	78	123375	138	230190	18	155060	18	3690
19	26450	79	123825	139	236830	19	158555	19	3705
20	26825	80	124765	140	241880	20	167860	20	3730
21	27220	81	127510	141	247785	21	168695	21	3955
22	27345	82	135345	142	249410	22	171230	22	3960
23	28820	83	139960	143	266830	23	173635	23	3970
24	29030	84	143980	144	276390	24	181935	24	3970
25	30665	85	144020	145	287795	25	184880	25	4045
26	35030	86	144045	146	318080	26	189470	26	4050
27	35835	87	149885	147	328020	27	196320	27	4080
28	36015	88	150050	148	380800	28	216650	28	4100
29	36745	89	150100	149	381355	29	248100	29	4165
30	37415	90	150150	150	392020	30	254575	30	4175
31	37570	91	150300	151	399490	31	266920	31	4265
32	38065	92	150370	152	526910	32	300165	32	4320
33	38265	93	152760	153	625185	33	301320	33	4320
34	38295	94	159225			34	312315	34	4340
35	38440	95	165810			35	395715	35	4345
36	38770	96	166805			36	404505	36	4360
37	46170	97	169800			37	450070	37	4390
38	46660	98	170665			38	470635	38	4395
39	46770	99	175665			39	498230	39	4435
40	47395	100	176440			40	533640	40	4450
41	47445	101	179100			41	537060	41	4470
42	49305	102	192365			42	605845	42	4484
43	49630	103	195705			43	637745	43	4485
44	55105	104	195720			44	737720	44	4505
45	57760	105	199440					45	4580
46	58875	106	213180					46	4750
47	61845	107	216830					47	4800
48	63570	108	217465					48	4880
49	69775	109	230190					49	4905
50	70025	110	236830					50	4935
51	72260	111	241880					51	4965
52	72435	112	247785					52	4980
53	76995	113	249410					53	5000
54	77755	114	266830					54	5015
55	78530	115	276390					55	5025
56	79540	116	287795					56	5030
57	80940	117	318080					57	5035
58	82660	118	328020					58	5065
59	88175	119	380800					59	5095
60	88870	120	381355					60	5140

Tabel Waktu antar Kerusakan Mesin Jahit (Lanjutan)

Penjepit Kantong		Penjepit Kantong		Penjepit Kantong		Penjepit Kantong		Penjepit Kantong	
No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)
61	5275	121	8715	181	12035	241	18315	301	26635
62	5340	122	8900	182	12045	242	18400	302	26655
63	5340	123	8955	183	12160	243	18480	303	26955
64	5455	124	9055	184	12210	244	18530	304	27360
65	5575	125	9085	185	12415	245	18595	305	27375
66	5690	126	9125	186	12460	246	18645	306	27580
67	5735	127	9130	187	12535	247	18745	307	27645
68	5780	128	9140	188	12645	248	18995	308	27905
69	5880	129	9325	189	12650	249	19145	309	28065
70	5895	130	9330	190	12695	250	19205	310	28180
71	5955	131	9375	191	12925	251	19320	311	28640
72	5980	132	9445	192	12960	252	19435	312	28655
73	6015	133	9560	193	13125	253	19500	313	29040
74	6015	134	9600	194	13135	254	19730	314	29130
75	6215	135	9610	195	13310	255	19975	315	29485
76	6285	136	9685	196	13690	256	19990	316	29580
77	6290	137	9745	197	13710	257	20050	317	29585
78	6340	138	9770	198	13785	258	20120	318	29640
79	6400	139	10030	199	14015	259	20255	319	29730
80	6445	140	10065	200	14225	260	20290	320	29810
81	6555	141	10075	201	14290	261	20520	321	29940
82	6610	142	10095	202	14295	262	20560	322	30180
83	6665	143	10105	203	14360	263	20705	323	30770
84	6675	144	10110	204	14375	264	21240	324	30915
85	6790	145	10125	205	14385	265	21330	325	31360
86	7055	146	10145	206	14390	266	21350	326	31570
87	7110	147	10235	207	14400	267	21425	327	31660
88	7180	148	10320	208	14435	268	21585	328	31695
89	7185	149	10345	209	14615	269	22170	329	31730
90	7185	150	10345	210	14740	270	22205	330	31915
91	7195	151	10355	211	14805	271	22310	331	32060
92	7215	152	10420	212	15075	272	22430	332	32580
93	7235	153	10440	213	15150	273	22815	333	33025
94	7260	154	10540	214	15150	274	22910	334	33030
95	7295	155	10645	215	15150	275	22980	335	33130
96	7385	156	10720	216	15445	276	23065	336	33135
97	7480	157	10750	217	15681	277	23075	337	33190
98	7535	158	10755	218	15705	278	23120	338	33840
99	7795	159	10805	219	15780	279	23130	339	33895
100	7910	160	10840	220	15860	280	23215	340	34320
101	7940	161	10880	221	15945	281	23255	341	35535
102	7945	162	10990	222	16175	282	23600	342	35630
103	7955	163	11060	223	16535	283	23605	343	35975
104	8010	164	11230	224	16800	284	23730	344	36125
105	8025	165	11310	225	16895	285	24205	345	36230
106	8050	166	11385	226	16900	286	24425	346	36255
107	8085	167	11385	227	16930	287	24485	347	36705
108	8175	168	11390	228	16975	288	24615	348	37895
109	8260	169	11445	229	17020	289	24705	349	37915
110	8285	170	11475	230	17150	290	24955	350	37935
111	8320	171	11485	231	17230	291	25040	351	38230
112	8350	172	11490	232	17280	292	25110	352	38450
113	8370	173	11550	233	17355	293	25320	353	38905
114	8395	174	11660	234	17405	294	25325	354	38950
115	8535	175	11700	235	17505	295	25680	355	39180
116	8610	176	11710	236	17535	296	25960	356	39490
117	8660	177	11755	237	17605	297	26020	357	39575
118	8670	178	11830	238	17675	298	26035	358	39920
119	8690	179	11855	239	17705	299	26225	359	39975
120	8695	180	12025	240	17920	300	26610	360	40400

Tabel Waktu antar Kerusakan Mesin Jahit (Lanjutan)

Penjepit Kantong		Penjepit Kantong		Valve		Valve		Valve	
No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)
361	41175	421	72360	1	18000	1	47305	1	100825
362	41265	422	72790	2	19465	2	47795	2	104325
363	41705	423	72960	3	20960	3	48165	3	105750
364	41885	424	73100	4	21075	4	48210	4	106590
365	42215	425	74050	5	21110	5	48235	5	107230
366	43080	426	74230	6	21325	6	49085	6	108780
367	43415	427	74610	7	21505	7	49770	7	108835
368	44260	428	75510	8	21590	8	49785	8	108855
369	44605	429	75985	9	21600	9	50010	9	112165
370	44745	430	76875	10	21840	10	51195	10	113390
371	45000	431	77385	11	21980	11	51460	11	117695
372	45315	432	77530	12	22125	12	51840	12	117850
373	45560	433	78520	13	22970	13	53090	13	118375
374	46925	434	78675	14	23130	14	54410	14	122095
375	47145	435	79150	15	24140	15	54465	15	123220
376	47280	436	79320	16	24190	16	55565	16	127410
377	47520	437	79525	17	24220	17	55780	17	127780
378	47885	438	80095	18	24230	18	55830	18	127820
379	48435	439	80485	19	25490	19	56275	19	137520
380	48440	440	80595	20	25700	20	58985	20	137665
381	48640	441	81800	21	25800	21	59395	21	140870
382	48740	442	82060	22	27280	22	59670	22	141140
383	48900	443	82625	23	27315	23	60120	23	145420
384	49130	444	84625	24	27810	24	60170	24	146905
385	49500	445	85755	25	27910	25	60515	25	151400
386	49675	446	86310	26	28200	26	60750	26	157995
387	50185	447	86840	27	28555	27	60815	27	159150
388	52315	448	86985	28	29050	28	61050	28	164195
389	53295	449	87810	29	29520	29	61150	29	167155
390	54370	450	89320	30	30270	30	61205	30	167290
391	55220	451	90500	31	32535	31	62343	31	172550
392	55290	452	90695	32	33510	32	63010	32	178880
393	55450	453	91700	33	34435	33	64185	33	180485
394	56700	454	94770	34	34520	34	64870	34	187000
395	57225	455	97910	35	34530	35	65505	35	196875
396	57355	456	101680	36	35250	36	66000	36	199920
397	57540	457	102080	37	35265	37	67880	37	217430
398	57585	458	105570	38	36745	38	70580	38	221085
399	58920	459	111245	39	37250	39	70900	39	229800
400	59680	460	113690	40	37290	40	71025	40	232750
401	60145	461	114390	41	37440	41	71435	41	237435
402	60525	462	115245	42	37740	42	71845	42	240580
403	60600	463	115805	43	38055	43	73475	43	260925
404	61035	464	117075	44	38595	44	74035	44	370865
405	62350	465	117385	45	39480	45	77760	45	383370
406	63685	466	120025	46	40035	46	78125	46	413240
407	64010	467	120990	47	40320	47	79710	47	232750
408	64190	468	123140	48	40645	48	80110	48	237435
409	64740	469	123240	49	40790	49	80265	49	240580
410	65460	470	126160	50	41000	50	82045	50	260925
411	66140	471	129700	51	41480	51	83460	51	370865
412	66370			52	42125	52	83540	52	383370
413	67615			53	42270	53	84190	53	413240
414	69095			54	42650	54	85710	54	
415	69135			55	45110	55	87745	55	
416	70095			56	45970	56	95070	56	
417	70340			57	46045	57	96475	57	
418	70365			58	46290	58	97145	58	
419	70570			59	46620	59	97360	59	
420	70980			60	46725	60	97620	60	

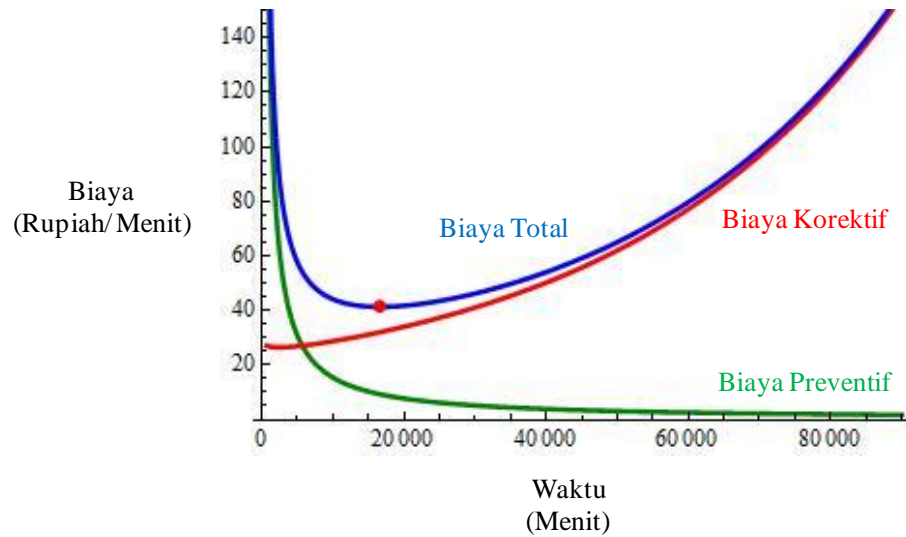
Tabel Waktu antar Kerusakan Mesin Jahit (Lanjutan)

Hyd/ Pneumatic		High Level Sensor							
No	TBF (Menit)	No	TBF (Menit)						
1	41875	1	61760						
2	44760	2	61970						
3	48285	3	65265						
4	51285	4	96105						
5	57590	5	100795						
6	72685	6	112920						
7	73605	7	116000						
8	75190	8	122400						
9	82185	9	125200						
10	90650	10	129245						
11	106565	11	147805						
12	115185	12	148375						
13	132580	13	170575						
14	143710	14	185170						
15	168925	15	192085						
16	175000	16	203130						
17	185500	17	205620						
18	209580	18	208995						
19	225955	19	232310						
20	250280	20	246030						
21	252030	21	274210						
22	273240	22	289240						
23	381510	23	318365						
24	398665	24	354300						
25	439275	25	387570						
26	522960	26							
27	733115	27							
28		28							
29		29							
30		30							

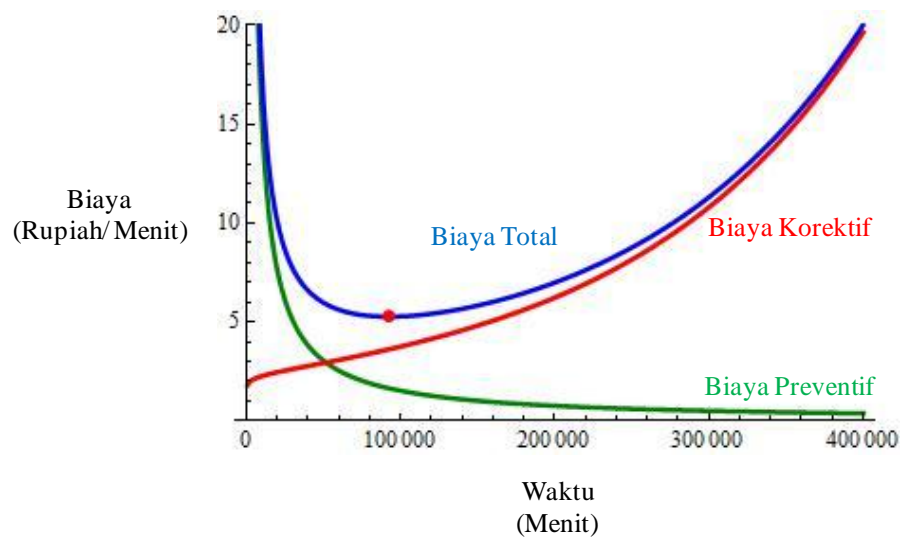
Lampiran 2. Tabel Biaya Penggantian Komponen

No	Biaya Penggantian	Preventif	Korektif
1	Penggantian <i>shell</i> (Benang Putus)	Rp154,250	Rp588,375
2	Penggantian gunting	Rp152,125	Rp369,188
3	Penggantian jarum	Rp52,125	Rp269,188
4	Penggantian penjepit kantong	Rp175,500	Rp755,750
5	Penggantian <i>valve</i>	Rp312,750	Rp893,000
6	Penggantian <i>seal hyd/pneumatic</i>	Rp321,250	Rp757,500
7	Penggantian <i>high level sensor</i>	Rp1,004,250	Rp1,296,500

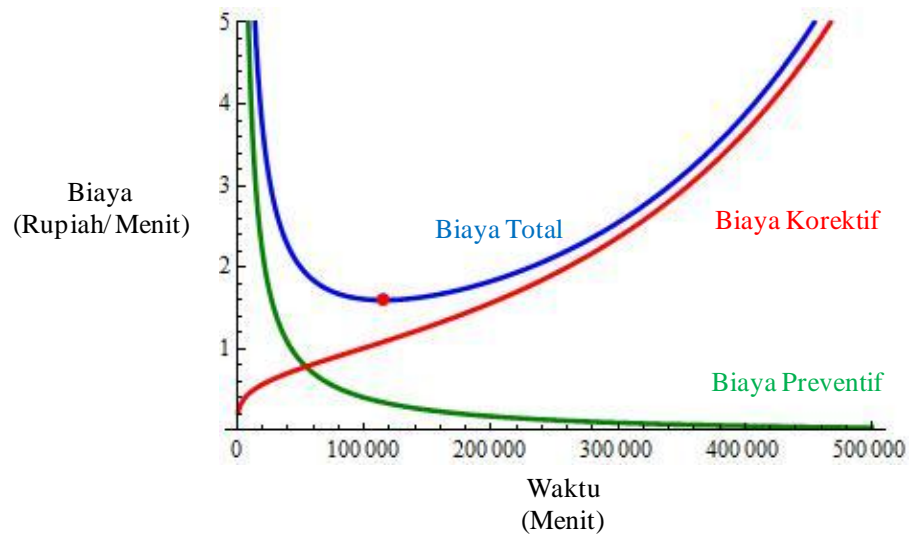
Lampiran 3. Grafik Biaya Penggantian Komponen



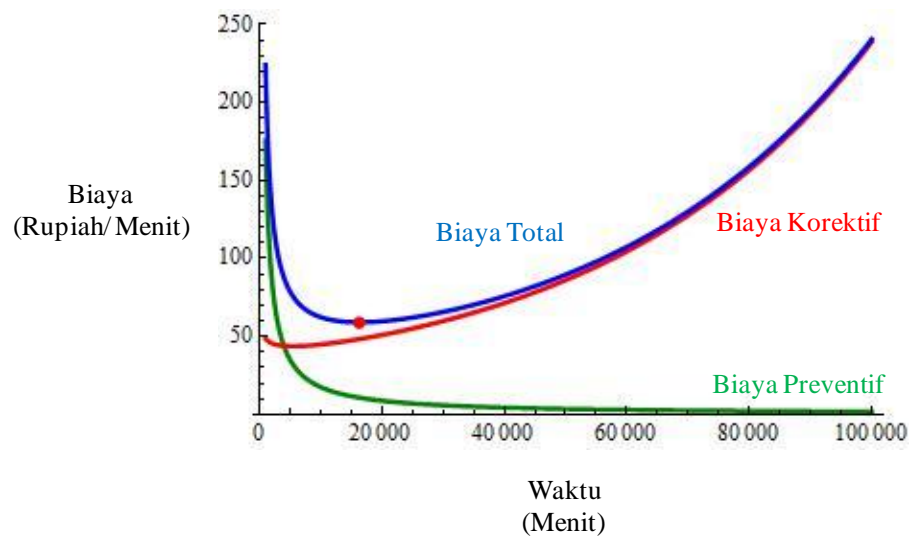
Gambar 5.5 Grafik biaya penyetelan penyebab benang putus dan anyaman tidak sempurna



Gambar 5.6 Grafik biaya penggantian gunting

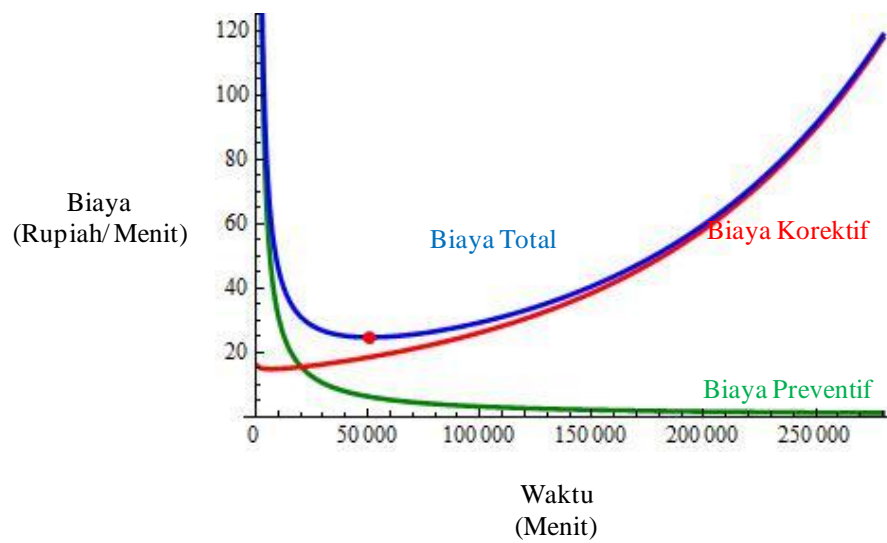


Gambar 5.7 Grafik biaya penggantian jarum jahit

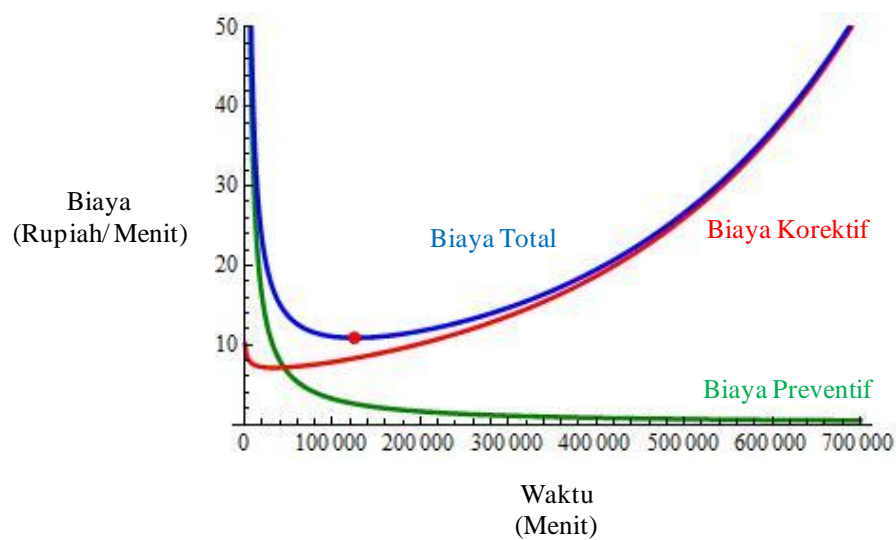


Gambar 5.8 Grafik biaya penggantian penjepit kantong

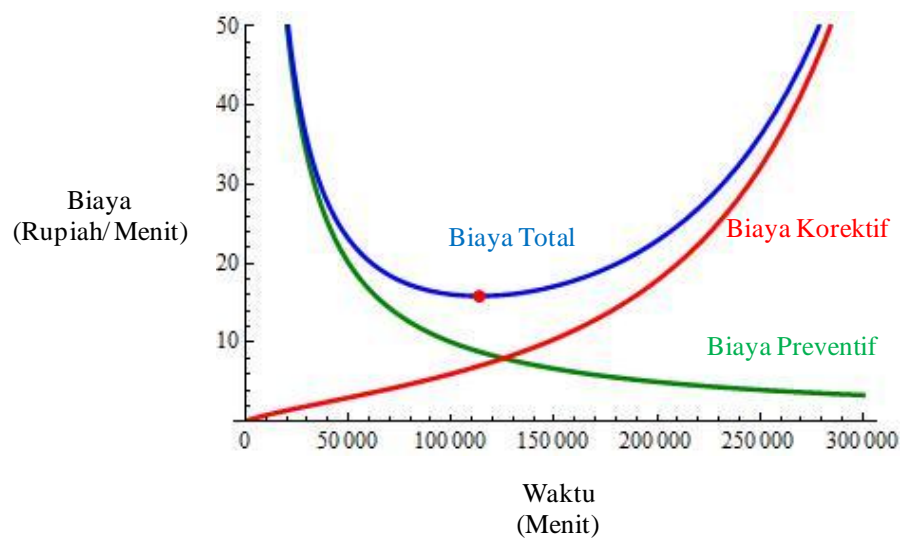




Gambar 5.9 Grafik biaya penggantian *valve*



Gambar 5.10 Grafik biaya penggantian *hydraulic /pneumatic*



Gambar 5.11 Grafik biaya penggantian *high level sensor*

## DAFTAR PUSTAKA

- Ebeling, C. E. 1997. *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*, University of Dayton, Mc Graw Hill International.
- Jardine, A. K. S. 1973. *Maintenance Replacement and Reliability*, University of Birmingham.
- Kushadi, Imam. 2004. Optimalisasi Penggantian Komponen Truk untuk Pemeliharaan Preventif Di PT Varia Usaha Gresik. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Lewis, E. E. 1987. *Introduction to Reliability Engineering*, Department of Mechanical and Nuclear Engineering Northwestern University.
- Mahdavi, Motjaba. 2009. *Optimization of Age Replacement Policy Using Reliability Based Heuristic Model*. Isfahan: Islamic Azad University.
- Suhandoko, Edi. 2011. Penentuan Interval Waktu Pemeliharaan Pencegahan dengan Meminimalkan Laju Biaya Berdasarkan Alokasi dan Optimasi Kehandalan pada Peralatan Seksi Penggilingan. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Ushakov, I. A., and Horrison, R. A. 1994. *Handbook of Reliability Engineering*, John Wiley, Inc., New York.